

Les planétariums numériques

Des musées virtuels pour découvrir la science d'aujourd'hui

Walter Guyot, Hélène Courtois and Jacques Toussaint

Volume 6, Number 2, 2013

La cybermuséologie

URI: <https://id.erudit.org/iderudit/1018930ar>

DOI: <https://doi.org/10.7202/1018930ar>

[See table of contents](#)

Publisher(s)

Association Québécoise de Promotion des Recherches Étudiantes en
Muséologie (AQPREM)

ISSN

1718-5181 (print)

1929-7815 (digital)

[Explore this journal](#)

Cite this article

Guyot, W., Courtois, H. & Toussaint, J. (2013). Les planétariums numériques : des musées virtuels pour découvrir la science d'aujourd'hui. *Muséologies*, 6(2), 83–103. <https://doi.org/10.7202/1018930ar>

Article abstract

Our study's concern is about how to enlarge the scope of the virtual museum concept from the mediation activities as they are carried out in today's digital planetariums to training activities dedicated to the public. We assume that these educational and cultural tools must be regarded as real immersive virtual environments and therefore can provide visitors with a new technological framing directly connected with a scientific field in the making, cosmography, in its production environment. One of our goals is to make visitors construct their own knowledge based directly on ongoing research data.

Article quatre

Les planétariums numériques
*Des musées virtuels pour découvrir
la science d'aujourd'hui*

Walter Guyot, Hélène Courtois et Jacques Toussaint

Notre travail souhaite étendre le concept de cybermusée depuis les activités de médiations pratiquées dans les actuels planétariums numériques vers des activités de formation du public. Notre hypothèse est que ces équipements d'éducation et de culture, véritables environnements virtuels immersifs, offrent aux visiteurs un cadre technologique nouveau en lien direct avec un domaine de la science qui s'élabore, la cosmographie, dans son contexte de production. L'un des objectifs que nous affectons à ces outils est de faciliter la construction de connaissances par les visiteurs en prenant appui sur des données de recherche en cours.

Walter Guyot est le responsable scientifique du planétarium de Vaulx-en-Velin (Lyon – France) depuis dix ans. Il participe majoritairement à la programmation culturelle et éducative de cet équipement destiné à la transmission de connaissances en direction de tous les publics. Il complète présentement sa formation à l'Université Lyon 1 en rédigeant une thèse de doctorat en didactique de la cosmographie et de la cosmologie. – w.guyot@ipnl.in2p3.fr

84

Hélène M. Courtois est docteure en astrophysique et maître de conférences à l'Université Lyon 1 (France) depuis 1997. Elle a dirigé l'équipe de cosmologie de l'observatoire de Lyon de 2002 à 2006. Depuis 2013 elle dirige le groupe de recherche Cosmologie observationnelle/Euclid de l'Institut de physique nucléaire de Lyon. Elle est experte scientifique auprès du planétarium de Vaulx-en-Velin depuis 2005. – h.courtois@ipnl.in2p3.fr

Après une thèse sur la nucléosynthèse (pilotée par H. Reeves), Jacques Toussaint s'est mobilisé sur les aspects de la formation à la médiation (enseignement et musées) en didactique de la physique. Intervenant puis responsable de plusieurs masters, directeur de nombreuses thèses, ses thématiques de recherche ont porté sur les difficultés d'apprentissage des concepts scientifiques qu'expliquent leurs constructions historiques et leur épistémologie. Il est aujourd'hui professeur émérite à l'Université Lyon 1. – jacques.toussaint@univ-lyon1.fr

Les progrès incroyablement rapides de la technologie informatique ont mis à la disposition de nos planétariums contemporains de nouveaux dispositifs numériques de réalité virtuelle¹ pour cultiver et former les publics à la cosmographie² moderne. Plus qu'une simple (r)évolution, ces équipements d'éducation et de culture sont devenus de véritables environnements virtuels en 3D, passant de la représentation d'un monde clos à celle d'un Univers infini. À la manière d'un *observatoire virtuel*³, ces planétariums ont acquis la possibilité de conserver et de mettre à la disposition de leurs publics des catalogues d'observations classées, archivées ou en cours d'analyses par les chercheurs. Les enjeux culturels auxquels peuvent prétendre ces institutions sont triples : le premier est de devenir de véritables musées virtuels collectionnant des données d'observations astronomiques sur lesquelles la science investit un travail de recherche, le deuxième est de montrer la science « telle qu'elle se fait⁴ » et, enfin, le troisième est de

faciliter la construction de connaissances par les visiteurs en prenant appui sur des données de recherches en cours. Le stockage et la conservation de données observationnelles qui n'existent que sous forme numérique offrent en effet l'occasion aux planétariums numériques de garder une trace du processus vivant d'un savoir-faire propre à une communauté de chercheurs ; cela permet également d'envisager des situations de médiation des plus insolites pour transmettre au public des savoirs en cours d'émergence. Nous formulons l'hypothèse que ces structures, véritables environnements virtuels immersifs, proposent un cadre technologique nouveau en lien direct avec un domaine de la science qui s'élabore, la cosmographie, dans son contexte de production. L'idée de montrer une science en action se trouvait déjà dans les aspirations du Palais de la découverte⁵ à ses origines et s'inscrivait, avant l'heure, dans une approche que proposera Bruno Latour⁶ ou le courant *Public Understanding of Research*⁷ dans les années 1990. Comment

1 Les premières définitions et taxonomies de la notion de réalité virtuelle datent des années 1990 et la première définition de la communauté française sera proposée par Grigore Burdea et Philippe Coiffet en 1993, puis complétée par Jacques Tisseau en 2001. TISSEAU, Jacques. *Réalité virtuelle – autonomie in virtuo* – École nationale d'ingénieurs de Brest – Laboratoire d'ingénierie informatique, habilitation à diriger des recherches, 2001, p. 26–27. Tisseau caractérise la réalité virtuelle comme « un univers de modèles au sein duquel tout se passe comme si les modèles étaient réels parce qu'ils proposent la triple médiation des sens, de l'action et de l'esprit ». C'est également « l'ensemble d'outils logiciels et matériels permettant de simuler de manière réaliste une interaction avec des objets virtuels qui sont des modélisations informatiques d'objets réels ». Voir GT-RV : Groupe de travail Réalité virtuelle du CNRS et du ministère de l'Éducation nationale, de la Recherche et de la Technologie, France. <www.inria.fr/epidaure/ET-RV/gt-rv.html> (consulté le 11 janvier 2013).

2 La cosmographie est « la mesure du cosmos, de l'Univers dans ses parties accessibles [...] Elle décrit l'Univers sous ses divers aspects et en prend les mesures. » HAKIM, Rémi. *La Science de l'univers*. Paris : Édition Syros, coll. « Comprendre », 1992, p. 57.

3 Pour mieux comprendre cette notion et le contexte particulier dans lequel nous la situons, nous renvoyons à titre d'exemple à la définition [en ligne] du concept d'observatoire virtuel pour l'astronomie professionnelle et amateur. <<http://www.us-vo.org>> (consulté le 11 janvier 2013).

4 Nous parlons, dans cet article, de la « science telle qu'elle se fait » pour évoquer les résultats bruts que recueillent les chercheurs dans leurs travaux, souvent avant que ces résultats ne soient validés par la communauté, en les intégrant dans des modèles ou théories reconnus. Nous appelons « savoirs émergents » des savoirs en cours de construction par la

recherche actuelle et représentatifs de la démarche scientifique et humaine qui les élabore. Nous considérons que beaucoup d'entre eux sont déjà construits, mais qu'ils sont revisités et complétés quotidiennement par la recherche ; d'autres au contraire sont totalement nouveaux et tentent de répondre aux questions d'actualité.

5 Le Palais de la découverte est un musée et un centre de culture scientifique parisien créé en 1937 par Jean Perrin (prix Nobel de physique en 1926) avec la contribution de Jean Rostand. L'ambition de cette institution est de présenter des expériences et des démonstrations scientifiques afin d'éduquer et de cultiver les publics à propos des nouveaux enjeux de la science et des technologies dans notre société. Depuis le 1^{er} janvier 2010, cette structure a fusionné avec la Cité des sciences et de l'industrie (établissement spécialisé dans la diffusion de la culture scientifique et technique à Paris) au sein d'une structure administrative commune nommée Universcience. <<http://www.universcience.fr/accueil/>> (consulté le 11 janvier 2011).

6 LATOUR, Bruno. *La science en action* (traduit de l'anglais par Michel Bieuzunski et révisé par l'auteur). Paris : La Découverte, coll. « Textes à l'appui », Série « Anthropologie des sciences et des techniques », 1989.

7 Le mouvement *Public Understanding of Research* (PUR), apparu sous l'impulsion de Hyman Field, directeur des programmes d'éducation scientifique informelle de la National Science Foundation (NSF), propose de se concentrer sur la recherche plutôt que sur la science, comme le fait le mouvement *Public Understanding of Science* (PUS). SOICHOT, Marine. *Les musées et centres de sciences face au changement climatique. Quelle médiation muséale pour un problème socioscientifique?* Thèse de doctorat, Muséum national d'histoire naturelle de Paris, 2011. Les objectifs de ce courant sont de montrer la science en train de se faire (*science-in-the-making*) ; de mettre

les planétariums numériques montrent-ils la science en action ? Quelle forme de médiation ces outils offrent-ils à leurs visiteurs pour les initier à des savoirs scientifiques émergents ? Dans cet article, nous décrivons comment notre recherche en cours conduit à valider notre hypothèse sur la réussite d'apprentissages des visiteurs d'un planétarium, sur un objet scientifique encore en discussion, le rôle de la « matière noire » dans l'évolution de l'Univers à grande échelle.

L'ambition muséale des planétariums

Le Conseil international des musées (ICOM)⁸ reconnaît depuis 1989 les centres de culture scientifiques ainsi que les planétariums comme répondant à sa définition du musée⁹. Le XX^e siècle a vu en effet se créer de nouveaux établissements à vocation scientifique n'ayant pas (ou peu) de collections tels que le Palais de la découverte et la Cité des sciences à Paris, en France, ou encore l'Exploratorium à San Francisco, aux États-Unis. Toutes ces institutions constituent des organismes à but non lucratif ayant pour point commun d'être des lieux d'éducation et de diffusion consacrés à la culture, au patrimoine et à la science

en direction du grand public¹⁰. Pourtant, si la définition de l'ICOM a cherché à réunir tout ce qu'on entend habituellement par le terme de musée, elle demeure essentiellement cadrée sur l'acquisition, la conservation, l'étude et la mise en valeur de collections¹¹. À partir de cette définition, nous pouvons réserver, à la manière de Michel Van Praët (1989)¹² ou de Marine Soichot (2011)¹³, le terme de « musée » aux établissements dont une majeure partie de l'activité est consacrée aux collections et celui de « centre de sciences » – entendu comme centre de culture scientifique et technique – aux établissements de médiation scientifique accueillant des publics, sans toutefois avoir d'activité majeure de collections et de conservation. Réévaluée en permanence, la définition de l'ICOM a également été complétée en 2007¹⁴ par les notions de « patrimoine¹⁵ » et « d'immatériel », permettant ainsi aux institutions muséales d'élargir le champ autour de l'objet matériel qu'elles conservent¹⁶, mais aussi de s'intéresser aux possibilités offertes par la mémoire numérique pour leurs collections. L'idée d'un patrimoine numérique n'est pas nouvelle et s'est construite progressivement depuis la fin de la Deuxième Guerre mondiale¹⁷. Aujourd'hui, la définition donnée à ce patrimoine d'après la charte de

une démarche de type hypothético-déductif au cœur de la méthode scientifique ; et de présenter en action les derniers résultats de la recherche en cours.

8 L'ICOM (Conseil international des musées ou International Council of Museums) est une organisation non gouvernementale (ONG) en relation formelle d'association avec l'UNESCO. <<http://icom.museum/L/2/>> (consulté le 11 janvier 2013).

9 « Un musée est une institution permanente sans but lucratif au service de la société et de son développement, ouverte au public, qui acquiert, conserve, étudie, expose et transmet le patrimoine matériel et immatériel de l'humanité et de son environnement à des fins d'études, d'éducation et de délectation. » Voir ICOM. *La définition du musée*. <<http://icom.museum/la-vision/definition-du-musee/L/2/>> (consulté le 11 janvier 2013).

10 GUICHARD, Jack et Jean-Louis MARTINAND. *Médiatique des sciences*. Paris : Presses universitaires de France, 2000, p. 248.

11 « La mission d'un musée est d'acquérir, de préserver et de valoriser ses collections afin de contribuer à la sauvegarde du patrimoine naturel, culturel et scientifique. » Code de déontologie de l'ICOM, 2006. <<http://icom.museum/la-vision/code-de-deontologie/2-les-musees-qui-detiennent-les-collections-les-conservent-dans-l-interet-de-la-societe-et-de/L/2/>> (consulté le 11 janvier 2013).

12 VAN PRAËT, Michel. « Diversité des centres de culture scientifique et spécificité des musées ». *Aster*, vol. 9, 1989, p. 3–15.

13 SOICHOT, Marine. *Les musées et centres de sciences face au changement climatique... op. cit.*

14 Voir Statuts de l'ICOM, adoptés lors de sa 22^e Assemblée générale (Vienne, Autriche, 24 août 2007). <http://icom.museum/fileadmin/user_upload/pdf/Statuts/statuts_fr.pdf> (consulté le 11 janvier 2013).

15 Le patrimoine est défini par les documents de l'UNESCO comme étant « notre héritage du passé, ce avec quoi nous vivons aujourd'hui, et ce que nous transmettons aux générations futures ». Voir, UNESCO, *Concept de patrimoine numérique*. <<http://www.unesco.org/new/fr/communication-and-information/access-to-knowledge/preservation-of-documentary-heritage/digital-heritage/concept-of-digital-heritage/>> (consulté le 11 janvier 2013).

16 Le musée a aussi le devoir de faire parler les témoins qu'il conserve auprès du public et il le fait largement avec ses médiateurs culturels. ZANA, Brigitte. « Histoire des musées, médiateurs et éducation scientifique ». *Journal of Science Communication (JCOM)*, vol. 4, n° 4, 2005, p. 1–6.

17 RODES, Jean-Michel, Geneviève PIEJUT et Emmanuelle PLAS. « La mémoire de la société de l'information ». *Publications de l'UNESCO pour le Sommet mondial sur la société de l'information*. Responsables éditoriaux VINSON, Isabelle et Abid ABDELAZIZ. Paris : UNESCO, 2003, p. 13–36.

l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO) sur la convention du patrimoine numérique¹⁸ se résume comme étant constitué soit par la numérisation de documents historiques ou patrimoniaux existants sur un autre support (papiers, livres, objets techniques anciens...), soit par la sauvegarde de documents créés originellement dans un format numérique¹⁹. Ce patrimoine a ainsi intéressé un musée d'un nouveau genre, qualifié de virtuel, utilisant Internet et les nouvelles technologies à des fins de promotion, d'éducation, ou de conservation de collections d'objets numérisés²⁰. Le concept de musée virtuel s'est répandu à compter des années 1990 et a trouvé lui aussi une légitimité dans la définition de l'ICOM²¹. Dans un document consacré à une approche du concept de musée virtuel, Werner Schweibenz²² le définit comme « une collection logiquement agencée d'objets numérisés et composée de divers supports média qui, par sa connectivité et son caractère multiaccès, permet de dépasser les modes traditionnels de communication et d'interaction avec le visiteur ». Sa définition fait suite à celle donnée par David Bearman²³ qui englobe le musée virtuel dans la catégorie du « musée hors les murs ». Selon Schweibenz²⁴, l'étendue de la virtualité ou la nature du musée en ligne n'a pas d'importance, car il faut avant tout offrir une intégration enrichie d'objets d'apprentissage et d'information à leur sujet²⁵. Toutefois, la définition d'un

musée virtuel demeure en constante évolution et une grande diversité de termes sont utilisés de manière interchangeable pour le désigner, entre autres : musée électronique, musée numérique, musée en ligne, musée hypermédias, méta-musée²⁶. Ce musée d'un nouveau genre invite donc à une réflexion autour d'un musée « hors les murs » où les collections et les objets sont désormais virtuels et numériques, réunis au sein de banques de données en vue de leur conservation et de leur présentation. L'évolution des musées virtuels redessine le paysage muséal, libérant l'accès aux collections au-delà de toutes barrières institutionnelles. Une nouvelle forme de médiation des œuvres et des savoirs se profile ainsi à travers le réseau – le Web²⁷. Dans la lignée du musée virtuel, des institutions ont également développé un accès à des collections de données sur Internet à partir de logiciels spécifiques dans le but, cette fois, de permettre à des chercheurs ou à des amateurs de travailler à distance sur des projets de recherche. Elles ont ainsi partagé avec la communauté des données issues de la recherche qui n'existent que sous forme numérique²⁸. Ces données, collectées, archivées, conservées et diffusées de manière judicieuse dans un objectif de recherche, constituent un patrimoine numérique scientifique à part entière. Un observatoire virtuel précisément né de cette réunion de plusieurs bases de données spécialisées (images, spectres, données numériques...) permet aux astronomes de

87

18 Charte de l'UNESCO sur la conservation du patrimoine numérique. <http://portal.unesco.org/fr/ev.php-URL_ID=17721&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html> (consulté le 11 janvier 2013).

19 RODES et coll., « La mémoire de la société de l'information », *op. cit.*, p. 37-40; HABERT, Benoît. « La mémoire numérique entre répétition et remémoration ». *Texte! Textes et Cultures*, vol. XVII, n° 3, 2012, p. 1-22. <<http://www.revue-texto.net/index.php?id=3050>> (consulté le 13 janvier 2013).

20 KARP, Cary. « Le patrimoine numérique dans les musées numériques ». *Museum International*, numéro thématique « Visages et Visions de l'immatériel », n° 221-222, 2004, p. 46-51.

21 DIETZ, Steve, Howard BESSER, Ann BORDA et Kati GEBER, en collaboration avec Pierre LÉVY. *Musée virtuel canadien : la prochaine génération*. Réseau canadien d'information sur le patrimoine (RCIP), 2004, p. 28-30.

22 [Traduction libre] SCHWEIBENZ, Werner. « The "Virtual Museum": New Perspectives for Museums To Present Objects and Information Using the Internet as a Knowledge Base and Communication System ». Saarbrücken: Universität

des Saarlandes, 1998, p. 5. <http://is.uni-sb.de/projekte/sonstige/museum/virtual_museum_ISI98.htm> (consulté le 11 janvier 2013).

23 BEARMAN, David. « L'avenir informatique et les musées ». *La Lettre de l'OCIM* (Office de coopération et d'information muséographiques), n° 38, mars-avril 1995, p. 46-47.

24 SCHWEIBENZ, Werner. « The "Virtual Museum"... », *op. cit.*

25 DIETZ et coll., *Musée virtuel canadien : la prochaine génération*, *op. cit.*, p. 28-30; PAQUIN, Maryse. *L'intégration de l'utilisation des objets d'apprentissage des musées virtuels du Canada chez les enseignants francophones de l'élémentaire et du secondaire : Une recherche pan-canadienne*. En collaboration avec le ministère du Patrimoine canadien et le Musée virtuel du Canada. (Rapport) Conseil canadien sur l'apprentissage, Université du Québec à Trois-Rivières, 2009, p. 120-121.

26 PAQUIN, *id.*, p. 121.

27 SCHWEIBENZ, Werner. « L'évolution du musée virtuel ». *Les Nouvelles de l'ICOM*, vol. 57, n° 3, 2004, p. 3.

28 RODES et coll., « La mémoire de la société de l'information », *op. cit.*

croiser leurs données observationnelles. Notre étude s'intéresse à cette composante « née numérique²⁹ » qui résulte d'un processus de production initiale « tout-numérique ». En effet, la communication en direction du public de ces données de la recherche nécessite parfois un mode d'accès spécifique et contextualisé à l'aide d'environnements nouvellement dédiés à leur représentation. De quoi s'agit-il et en quoi cela intéresse-t-il les planétariums ?

Le premier domaine dans lequel s'est massivement déployé le numérique depuis les années 1950 a été celui de la science et de ses applications dans le militaire et le spatial³⁰. Une ère de profonde mutation a fait émerger un nouveau champ de mémoire pour l'humanité : celui des données élaborées par les expériences de laboratoires ou les observations collectées par de multiples dispositifs d'enregistrement (satellites, accélérateurs de particules, télescopes, sondes spatiales, micro-caméras, etc.). Cela constitue une somme de données toujours plus importante à traiter et à gérer par une informatique toujours plus puissante – parfois plusieurs centaines de gigaoctets par jour. Certaines de ces données font figure de véritables événements historiques qui ne pourront plus jamais être renouvelés dans le temps (photos des premiers pas de l'homme sur la lune, observation filmée de la terre depuis l'espace, explosion de supernova...) D'autres sont capitales d'un point de vue scientifique, puisqu'elles permettent d'aboutir soit à de nouvelles découvertes, soit à la confirmation ou non de modèles ou d'hypothèses scientifiques. Dans le même temps, de nouveaux outils de visualisation et de représentation de ces données, tels les logiciels de simulation ou de production d'images de synthèse en 2D et 3D ont fait leur apparition. Ils ont offert de nouvelles manières

d'accéder à ce patrimoine « né numérique » dans un objectif de manipulation, de recherche, de mise en valeur ou d'éducation³¹. Les planétariums, armés de leurs nouvelles technologies, se sont intéressés à ces résultats de la recherche passée et actuelle comme témoins d'une science en action. Un nouveau regard, une nouvelle façon de voir le monde s'est donc élaborée au cœur de ces institutions, les rapprochant des notions de patrimoine, de conservation et de collection³². Dans ces structures, l'Univers se montre désormais à travers des modèles numériques à partir desquels le public peut acquérir non seulement des connaissances, mais aussi de véritables compétences en interagissant seul ou avec un médiateur dans l'espace virtuel proposé. Une aventure nouvelle pour le public qui découvre, à partir de données scientifiques, la démarche scientifique sous-jacente qui les élabore, mais également des valeurs, des émotions autour de savoirs en jeu. Aujourd'hui, les planétariums numériques ne permettent donc pas seulement d'accumuler des témoins sur lesquels la science investit un travail de recherche, ils offrent aussi la possibilité de garder la trace de ce que nous faisons de ces témoins. Dans cette optique, les planétariums peuvent proposer à leurs publics de prendre du recul sur ces témoins de la recherche « nés numériques » en apportant une réflexion critique grâce à une présence humaine. En effet, nous pensons que l'apport du numérique a permis de développer des activités de médiation dans lesquelles un médiateur peut relier au sens fort la recherche scientifique aux données sur lesquelles elle se base (données expérimentales, données d'enquête, corpus, etc.). Dans cette perspective, le public a donc la possibilité de vérifier la pertinence et la véracité de cette recherche, de ce qu'elle fait des données de départ qu'elle emploie, convoque et interprète au quotidien.

29 Se dit d'un document qui a été créé et qui existe seulement sous forme numérique. *Id.*, p. 41.

30 *Id.*, p. 21–23.

31 *Id.*, p. 20–35.

32 Serge CHAUMIER (2010, p. 9–11) dans un dossier complémentaire « Objet de musée » associé à l'exposition *Objets collectionnés* (Musée de la vie bourguignonne – ville de Dijon – du 23 avril au 20 septembre 2010) s'interroge sur la notion de collection dans les planétariums : « Les étoiles sont-elles des objets de collection ? La question peut paraître

absurde, pourtant il est permis de la poser dès lors que les planétariums sont reconnus comme des institutions muséales par l'ICOM. De même que les espèces animales des parcs zoologiques sont considérées comme des collections vivantes, les plantes d'un jardin botanique où les étoiles sont également des objets inventoriés, recensés et valorisés par l'institution. » Il évoque ainsi des objets incompatibles avec l'idée classique de l'objet de musée, mais élargit le champ de la notion de collection et d'objet à des contextes muséaux plus larges et plus actuels.

Nous rejoignons ici Bruno Latour³³ sur l'idée de « démocratie scientifique³⁴ » ou encore Benoit Habert³⁵ sur celle d'une mémoire critique, qui s'inscrit pleinement dans cette logique. L'ambition que nous attribuons aux planétariums numériques – et plus particulièrement dans notre cas spécifique d'utilisation du planétarium lyonnais – est bien d'offrir à la population un contexte nouveau pour mieux comprendre les enjeux et les intérêts de la science moderne ; l'originalité qu'apporte leur technologie est de pouvoir utiliser les données sur lesquelles la science investit un travail de recherche pour éveiller le public à des savoirs scientifiques émergents. La révolution numérique de ces équipements apporte donc au citoyen la possibilité de replacer des données de recherche dans leur contexte de production et de s'initier au cadre théorique qui les a engendrées, mais aussi aux interprétations qu'elles suscitent.

Les planétariums numériques : des musées virtuels en effervescence

Objet de médiation par excellence, un planétarium est une installation permettant de représenter les mouvements des astres sur une voûte hémisphérique, grâce à des projections lumineuses. L'être humain se forge des connaissances principalement en analysant le monde et en élaborant des représentations de ce monde par des processus cognitifs. C'est donc bien en visant des apprentissages humains que se sont développés les planétariums, afin que l'Homme comprenne le monde et qu'il se construise une idée de l'Univers dans lequel il se trouve. Les planétariums se donnent ainsi pour objectif de représenter un monde ressemblant à la perception admise par une communauté scientifique

de notre réalité tout en offrant une simulation réaliste des phénomènes célestes observés. L'astronomie étant essentiellement une science d'observation et de modélisation, l'image de cette science véhiculée par les planétariums est ainsi respectée. Pour cela, ces outils ont bénéficié, à chaque étape de leur évolution technique, de la vision et des interrogations de l'homme sur le cosmos. Quelle que soit l'époque, les planétariums ont en effet toujours été des marqueurs de la représentation de l'Univers issue d'un consensus largement admis, d'une culture ou d'un savoir partagé.

Historiquement, le terme « planétarium » provient de « planétaire », une maquette représentant initialement le monde clos géocentrique où s'animent les « errants », c'est-à-dire les planètes visibles, et les deux luminaires, le soleil et la lune. Il s'agissait d'une première tentative pour expliquer le monde, un objet artisanal et instrumental à vocation cosmographique pour expliquer, modéliser, simuler, représenter et mesurer l'organisation du cosmos. Le premier d'entre eux est attribué à Archimède de Syracuse (-287 – -212) et leur concept évoluera indépendamment de la confection de globes célestes de type sphère armillaire, réservés uniquement au repérage des astres et à la cartographie du ciel³⁶. Cependant, comme le soulignait Michel Dumont³⁷, il faut attendre la fin du XVII^e siècle pour qu'apparaissent les premiers planétaires au sens moderne, c'est-à-dire capables de reproduire mécaniquement et avec précision le mouvement des planètes. En 1862, Christian Huygens (1629–1695) rendit les maquettes tributaires d'un mécanisme d'horlogerie ; les vitesses de déplacement étaient alors obtenues par l'intermédiaire de multiples roues dentées. Au XIX^e siècle, le professeur Roger Long fait construire un stellarium qui représente un

33 LATOUR Bruno. *Cogitamus – six lettres sur les humanités scientifiques*. Paris : La Découverte, coll. « Sciences humaines », 2010.

34 Le concept de *démocratie scientifique* rejoint l'idée de permettre aux citoyens de participer aux décisions sur la recherche scientifique actuelle. Le fait de travailler avec un planétarium situé dans une zone défavorisée de l'agglomération lyonnaise invite plus que jamais à montrer en quoi la présence d'outils de culture et d'éducation scientifique permet à tous les citoyens de s'initier et de se mobiliser sur des sujets scientifiques d'actualité ou sur la science des experts, donc

de s'inscrire activement dans l'histoire de notre société, une émancipation nécessaire pour encourager la citoyenneté, éviter l'exclusion et favoriser le mieux vivre ensemble.

35 HABERT, « La mémoire numérique entre répétition et remémoration », *op. cit.*

36 LACOMBE, Pierre. « Les planétariums, des musées en effervescence ». *La Lettre de l'OCIM*, n° 108, 2006, p. 32–37.

37 DUMONT, Michel. *Petite histoire des planétariums*, revue du Palais de la Découverte, numéro spécial 41, « Le planétarium », 1991, p. 4–5.

ciel étoilé pouvant accueillir une trentaine de personnes³⁸. En 1912, le globe de Wallace Walter Atwood préfigurera l'ingénieuse idée de la société Carl Zeiss d'Iéna (Allemagne) qui fusionnera, quelques années plus tard, les modèles de planétaire et de globe pour créer le premier planétarium moderne. Cette innovation sera à jamais liée à Oskar Von Miller (1855–1934), fondateur du Deutsche Museum de Munich, et à Walther Bauersfeld (1879–1959) de la société Zeiss. Le planétarium moderne est alors inventé et la description du ciel va trouver une forme de sacralisation lors de présentations audacieuses grâce au simulateur opto-mécanique et aux récits des conférenciers sur l'univers des éphémérides. Au-delà de l'émotion et de l'admiration que procura le miracle technologique Zeiss, les planétariums poursuivront leur mutation pour devenir, dès 1965, de véritables théâtres multi-images, davantage en harmonie avec la grande époque de la conquête de la lune et l'intérêt politique pour des communications de la science plus prestigieuses en direction du grand public³⁹. Le multimédia s'est imposé vers 1990, aboutissant sur toute la planète au développement des planétariums numériques du troisième millénaire. Cette métamorphose fut opérée par la société américaine Evans et Sutherland dès 1983, grâce au premier prototype de planétaire graphique, le Digistar I, installé à Salt Lake City (Utah, É.-U.). Ce type de système consiste à diffuser une vidéo en pleine voûte (*full dome*) sur l'écran hémisphérique du planétarium, soit à l'aide d'un projecteur unique équipé d'une optique de type *fish-eye* (projection à 180 degrés), soit grâce à une combinaison de plusieurs projecteurs recouvrant chacun une partie de la voûte. Cette évolution a permis aux planétariums de devenir de véritables environnements virtuels d'apprentissage humain (EVAH) qui utilisent désormais la réalité virtuelle pour transmettre

des savoirs ou des pratiques scientifiques auprès du grand public. L'Univers présenté dans ces environnements virtuels en 3D est toujours très proche de la perception commune de notre réalité, mais il est aussi le reflet de modèles scientifiques conjugués à l'emploi de simulations numériques ; les planétariums numériques placent donc les visiteurs non pas devant des objets matériels comme le font les expériences réelles, mais bien devant des représentations symboliques censées rendre compte de ces objets. Comme nous l'avons déjà évoqué, l'originalité de ces structures est de prendre appui sur des données scientifiques « nées numériques », c'est-à-dire des archives d'observations astronomiques, afin de permettre à leurs publics de construire leurs propres connaissances sur des savoirs en cours d'émergence. Mais quelles innovations la réalité virtuelle apporte-t-elle aux planétariums numériques pour y arriver ?

La réalité virtuelle est un mode de représentation intégrant l'ensemble des techniques de rendu, d'interaction et d'immersion⁴⁰. Elle offre la possibilité de générer des environnements virtuels qui placent un sujet humain en situation d'interaction mais également d'immersion dans un univers recréé de toutes pièces. Le sujet humain a alors la possibilité d'éprouver une expérience de la réalité dans un univers virtuel en 3D. Jacques Tisseau caractérise la réalité virtuelle comme « un univers de modèles au sein duquel tout se passe comme si les modèles étaient réels parce qu'ils proposent la triple médiation des sens, de l'action et de l'esprit ».⁴¹ Cet auteur montre que l'homme appréhende le réel par l'entremise de ces trois médiations. Un système de réalité virtuelle se distingue donc d'une autre application informatique par le fait qu'il offre à l'utilisateur la sensation d'être dans un monde virtuel et d'y agir⁴². L'utilisateur

38 GIRAULT, Yves, Pierre-André SIRARD, Martine BIGEAULT, Amélie RIVEST et Elsa MONSCHE. « La science en spectacle au planétarium : pertinences et limites ». In. GIORDAN, André, Jean-Louis MARTINAND et Daniel RAICHVARG (dir.). *Actes des XV^e Journées internationales sur l'éducation scientifique*, Chamonix, 1993, p. 363–370.

39 RUIZ, Lionel et Agnès ACKER. « Les systèmes de projection des planétariums : de l'optomécanique au numérique ». *La Lettre de l'OCIM*, n° 108, 2006, p. 14–19.

40 BOUVIER, Patrice. *La présence en réalité virtuelle. Une approche centrée utilisateur*. Thèse de doctorat en informatique sous la direction de Gilles Bertrand, Université Paris-Est, 2009, p. 6–16.

41 TISSEAU, Jacques. *Réalité virtuelle*, op. cit., p. 26–27.

42 BUCHE, Cédric, Ronan QUERREC, Pierre CHEVAILLIER et Gilles KERMARREC. « Apports des systèmes tutoriaux intelligents et de la réalité virtuelle à l'apprentissage de compétence ». *Cognito, Cahiers romans de sciences cognitives*, n° 2.2, 2006, p. 51–83, à la p. 66.

doit aussi avoir « le sentiment authentique d'exister dans un monde autre que le monde physique où le corps se trouve »⁴³, c'est-à-dire un sentiment de *présence*. Cette notion de présence de l'utilisateur dans un environnement virtuel se décline selon deux composantes : l'immersion⁴⁴, pouvant être multisensorielle, et l'interaction⁴⁵. Mais pour être complet, un environnement virtuel doit également être un lieu où les objets se comportent de manière autonome sans aucune action de l'utilisateur. Ainsi, Jacques Tisseau et Fabrice Harrouet⁴⁶ ont envisagé trois axes pour caractériser un système de réalité virtuelle : autonomie, interaction et immersion. Ce repère fournit un cadre pour positionner tout système informatique vis-à-vis de l'utilisation qui peut être faite de la réalité virtuelle (ill. 1). Chaque sommet du cube théorique illustre ici un cas « idéal ».

La simulation informatique et plus particulièrement la réalité virtuelle ont trouvé des applications dans des contextes d'apprentissage qui nécessitent le transfert de compétences et la mise en situation des apprenants. Elles offrent alors la possibilité de reproduire des expériences coûteuses (d'un point de vue matériel), risquées (d'un point de vue humain) ou inaccessibles (la représentation d'aspects non visibles du réel ou impossibles à représenter dans leur forme réelle) pour l'homme⁴⁷. Les planétariums ont toujours fait appel à de telles simulations comme substitut d'expériences réelles. Le but de ces systèmes informatiques dédiés à la formation de l'Homme est donc de faire acquérir à des apprenants des connaissances ou des gestes techniques définis par des objectifs pédagogiques⁴⁸. Grâce à cette technologie, les planétariums numériques (ill. 2) sont désormais des environnements virtuels qui offrent à leurs visiteurs la possibilité

de passer d'un monde clos à un univers infini et en évolution. Le visiteur évolue alors dans un espace de représentation réaliste, immersif, tridimensionnel, calculé en temps réel⁴⁹. La projection d'images et de son spatialisés sur une voûte hémisphérique renforce la sensation du visiteur d'être immergé dans un espace réel. Le public n'est alors plus en contact direct avec des objets réels, mais bien avec leur représentation symbolique, mise en scène au cœur de nouveaux espaces, virtuels eux aussi. Dès lors, il ne s'agit plus de simples copies du réel, mais de substituts, de modèles de la réalité. Le visiteur se trouve donc plongé dans un monde reconstruit de toutes pièces dans lequel il lui est possible de s'affranchir des contraintes de temps, d'échelle ou d'espace ou encore de découvrir des endroits difficilement accessibles (la planète Mars, la ceinture d'astéroïdes, les amas de galaxies ou l'infiniment petit...). Cette technologie est désormais essentielle pour mettre à la disposition du public des bases de données donnant accès à des observations passées, classées, archivées et menées par différents programmes de recherche, mais aussi les résultats obtenus par les grands observatoires, leurs programmes majeurs d'atlas et d'observations de régions précises, les missions spatiales... Cette visualisation de collections de données numériques sous forme de modèles numériques – témoins d'une science en action et de la description de l'Univers par la science à une époque donnée – peut être à la source d'un certain nombre de situations de médiation au cours desquelles sera privilégiée l'interaction temps-réel entre le public, le médiateur et les scènes présentées. La réalité virtuelle a apporté aux planétariums numériques la capacité de se redéfinir comme de véritables musées virtuels collectionnant des données scientifiques, seules capables de montrer

43 BOUVIER, Patrice. *La présence en réalité virtuelle*, *op. cit.*, p. 49.

44 La représentation de l'environnement est suffisamment réaliste pour que l'utilisateur agisse dans le monde virtuel comme s'il était réel.

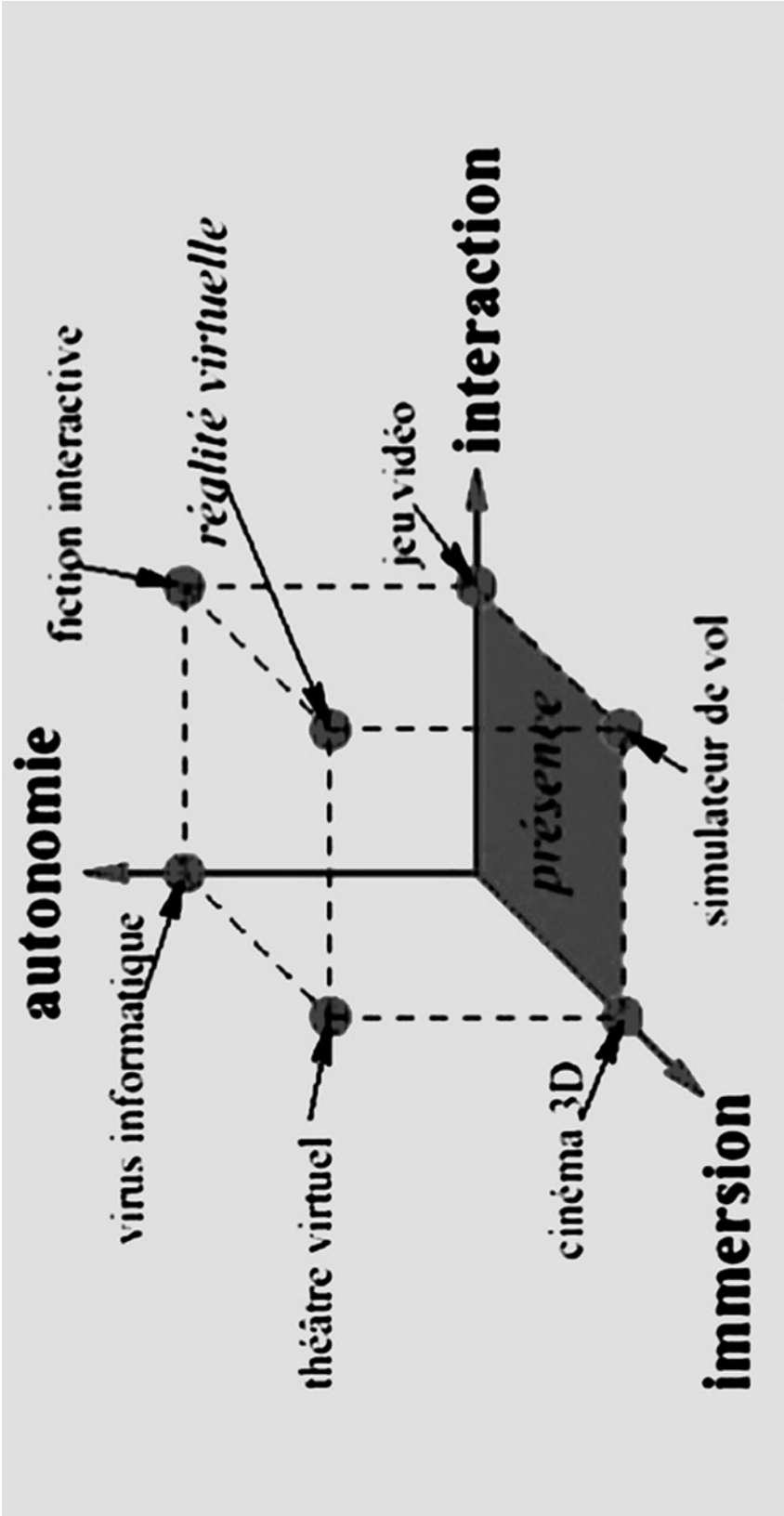
45 L'utilisateur peut agir sur l'environnement simulé pendant son déroulement. BUCHE et coll., « Apports des systèmes tutoriaux intelligents... », *op. cit.*, p. 66.

46 TISSEAU, Jacques et Fabrice HARROUET. *Autonomie des entités virtuelles*. Le traité de la réalité virtuelle. Les presses de l'École des Mines, vol. 2, chap. 4, 2003 [2^e éd.], p. 85–124, à la p. 93.

47 BUCHE et coll., « Apports des systèmes tutoriaux intelligents... », *op. cit.*, p. 53.

48 TCHOUNIKINE, Pierre. *Quelques éléments sur la conception et l'ingénierie des EIAH*. In. Actes du Groupe de recherche I3, 2002, p. 233–245.

49 La 3D en temps réel qui concerne l'imagerie de synthèse est une méthode de représentation de données tridimensionnelles pour laquelle chaque image composant l'animation est rendue dans l'instant qui précède son affichage.





l'élaboration actuelle de la recherche dans les domaines de la cosmographie et de la cosmologie. Le caractère innovant des planétariums numériques nous a conduits à traiter scientifiquement l'hypothèse d'un apprentissage efficace des spectateurs. Ces équipements sont aujourd'hui basés sur des technologies permettant de positionner les visiteurs en tant qu'acteurs de leur formation à la science « telle qu'elle se fait ».

Des planétariums – musées pour découvrir « la science telle qu'elle se fait »

Montrer une science en action, c'est présenter la science la plus actuelle, celle qui n'est pas encore « normalisée » au sens des épistémologues. C'est une approche similaire que proposera le courant *Public Understanding of Research* dans les années 1990⁵⁰, ouvrant ainsi la voie à des activités de médiation dans lesquelles le public découvrira les derniers résultats de la recherche en cours. Mais comment les planétariums numériques peuvent-ils montrer la science telle qu'elle se fait ?

Pour cela, nous nous sommes intéressés à une séquence en temps réel du planétarium de Vaulx-en-Velin⁵¹ qui propose depuis plus de dix ans le projet « Un ciel de galaxies »⁵² aux adultes et aux adolescents. Celui-ci vise à initier le public à la cartographie et à la géographie de l'Univers à grande échelle à partir de catalogues d'observations de galaxies. Depuis près de trente ans, des projets observationnels de grande ampleur ont en effet permis de progresser de façon remarquable sur la répartition de la matière jusqu'à des distances de l'ordre de plusieurs milliards d'années-

lumière. La richesse et la profondeur des relevés systématiques du ciel ont ainsi apporté une image renouvelée de l'Univers qui nous entoure. D'une part, la mesure de la vitesse de récession d'un grand nombre de galaxies, fournissant par l'intermédiaire de la loi de Hubble⁵³ l'accès à la troisième dimension, a modifié la vision de l'Univers issue de catalogues projetés autrefois en 2D. Les nouvelles données d'observations ont révélé une structuration cellulaire de la matière à grande échelle. L'image que nous avons de notre univers au début du XX^e siècle a donc changé. Désormais l'Univers observable est perçu comme une alternance de grands vides, de murs et de filaments dont les propriétés topologiques s'apparentent à celles d'une « éponge », tandis qu'aux échelles extragalactiques plus petites, les galaxies sont les objets astronomiques les plus discernables et représentent une surdensité de matière « lumineuse » organisée en amas et superamas. D'autre part, la matière dont nous sommes constitués (baryons) n'est qu'une faible part de celle qui dominerait la dynamique des amas ; la présence de matière noire gravitationnellement attractive serait en effet une composante majeure de l'Univers après « l'énergie noire » qui serait répulsive⁵⁴. Par ailleurs, l'étude de l'évolution spatio-temporelle des structures grâce aux mesures des vitesses particulières de leurs galaxies a ouvert la voie à une cartographie 4D de la distribution observée en apportant des informations précieuses sur la répartition et la quantité de cette matière noire (matière ordinaire baryonique, neutrinis, particules « exotiques »). La formation et l'évolution des structures dépendent de la densité moyenne de l'Univers qui elle-même

94

50 SOICHOT, Marine. *Les musées et centres de sciences face au changement climatique...*, op. cit., p. 30–33.

51 Le planétarium de Vaulx-en-Velin est un équipement rattaché au Service culturel de la Ville de Vaulx-en-Velin. Cette structure municipale a été inaugurée en octobre 1995 dans l'objectif d'apporter de la culture scientifique au cœur d'une ville de banlieue lyonnaise. Aujourd'hui, cet équipement reçoit 50 000 visiteurs par an et fait partie des dix grands planétariums de langue française. Fort de son succès, il est présentement agrandi pour devenir un véritable centre de culture scientifique avec des espaces d'expositions et d'animations culturelles et scientifiques. Voir <<http://www.planetariumvv.com>>.

52 GUYOT, Walter et Maxime PIQUEL. *Un ciel de galaxies au Planétarium de Vaulx-en-Velin*, Planétarium. Revue de l'association des planétariums de langue française, Strasbourg, 2000, p. 28–29.

53 Edwin Hubble énonce 15 mars 1929, dans la revue *Proceedings of the National Academy of Sciences*, sa loi permettant de faire une relation entre les vitesses de récession et les distances des galaxies : $v = H_0 \cdot d$, avec H_0 la constante de Hubble.

54 Matière noire, énergie noire, sont deux notions que beaucoup d'astrophysiciens proposent pour expliquer nombre de données observationnelles sur l'évolution de l'Univers. La densité de l'Univers est composée de 70 % d'énergie noire, 25 % de matière noire et 5 % de matière lumineuse et rayonnement.

gouverne la géométrie et le destin de ce dernier. Cette nouvelle image « dynamique » de la distribution et du contenu de la matière de notre Univers suscite un regain d'intérêt dans la recherche pour la cartographie des grandes structures de galaxies. Elle offre ainsi un contexte observationnel unique pour tester les scénarios théoriques de notre cosmologie moderne. C'est également une entreprise où les savoirs encore incertains sont susceptibles d'intéresser le public et de leur offrir une première initiation à la cosmologie moderne. Depuis 2012, ce planétarium propose un catalogue de galaxies issu du projet *Cosmic Flows*, du groupe Cosmologie observationnelle/Euclid à l'Institut de physique nucléaire de Lyon (IPNL). Ce projet de recherche a pour objectif de cartographier les densités de matière noire et d'énergie noire locales dans un rayon de 100 mégaparsecs (Mpc)⁵⁵ autour de notre galaxie⁵⁶. La méthode retenue par les chercheurs est celle de la mesure des distances des galaxies. En effet, lorsque l'on est en possession à la fois de la distance et de la vitesse d'une galaxie dans l'expansion générale, on a alors accès à sa vitesse particulière : sa vitesse due à l'environnement gravitationnel de cette galaxie. Ces savoirs émergents ne sont pas encore stabilisés et sont représentatifs d'une recherche « telle qu'elle se fait ». L'originalité pour ce planétarium de s'associer à ce programme de recherche est double : 1) permettre de renouveler constamment ses bases de données d'objets astronomiques (catalogues de galaxies) et ainsi placer ses visiteurs en contact étroit avec les résultats de la recherche la plus actuelle ; 2) présenter des savoirs en cours d'émergence dans leur contexte de production. L'ambition affichée ici n'est donc pas de reproduire des expériences déjà faites ou de mettre en scène uniquement des méthodes scientifiques éprouvées. Il ne s'agit pas non plus de

réactiver le principe du *deficit model*⁵⁷, mais plutôt de proposer de sortir d'une communication unidirectionnelle du savant à destination de visiteurs novices. Comment le public peut-il découvrir et participer à la science « telle qu'elle se fait » ?

Depuis une observation terrestre d'un ciel de galaxies simulé (ill. 3) sur la voûte immersive du planétarium, le public est convié à un voyage virtuel dans un Univers reconstitué en 3D (ill. 4). Nous avons, à partir du catalogue *Cosmic Flows*, dressé un fichier en coordonnées cartésiennes X Y Z dans un référentiel galactique répertoriant près de 10 000 galaxies. Nous avons ainsi généré un nuage de points de galaxies centré sur la Voie lactée de 100 Mpc permettant d'apprécier leur distribution spatiale. Nous avons pu projeter et manipuler cet échantillon sous la forme d'un objet 3D grâce au planétaire Digistar 3⁵⁸. L'objectif premier était de pouvoir reproduire des observations virtuelles à partir de données réelles issues de campagnes d'observations astronomiques. Il s'agissait alors de décrire avec le public la répartition des galaxies en amas et en filaments autour de grandes bulles vides, tout comme le font les astronomes d'aujourd'hui, mais à partir de la simulation des mouvements observés et mesurés des galaxies. Les visiteurs orientent leur position dans l'espace virtuel du catalogue de galaxies à l'aide du médiateur et découvrent le rôle de la gravitation dans la distribution de la matière à grande échelle. L'originalité de cette expérience réalisée avec le public est donc de pouvoir intégrer les résultats quotidiens du projet *Cosmic Flows* et de montrer la répartition spatiale des vitesses particulières des galaxies sur l'ensemble d'une couverture 3D (ill. 5). La mise en situation des visiteurs dans cet environnement virtuel leur permet de s'immerger directement au cœur de l'interprétation

95

55 1 parsec = 3,26 années-lumière = 3,085 677 × 10¹⁶ mètres.

56 COURTOIS, Hélène, Yehuda HOFFMAN, R. Brent TULLY et Stefan GÖTTLOBER. « Three-dimensional Velocity and Density Reconstructions of the Local Universe with Cosmicflows-1 ». *The Astrophysical Journal*, vol. 744, n° 1, 2012, p. 1–12.

57 Ce terme désigne l'interprétation selon laquelle la possible crise de confiance entre science et sociétés serait le résultat d'un manque de connaissance parmi les publics

de ce que sont la science et ses résultats. SOICHOT, *Les musées et centres de sciences face au changement climatique...*, op. cit., p. 11.

58 Le planétaire numérique « Digistar 3 » de la société Evans et Sutherland (<<http://www.es.com/>>) est l'un des systèmes de projection graphique qui équipent aujourd'hui des planétariums numériques comme celui de la ville de Vaulx-en-Velin (France). D'autres planétaires de nouvelle génération équipent à ce jour des planétariums, y compris ceux de sociétés concurrentes.

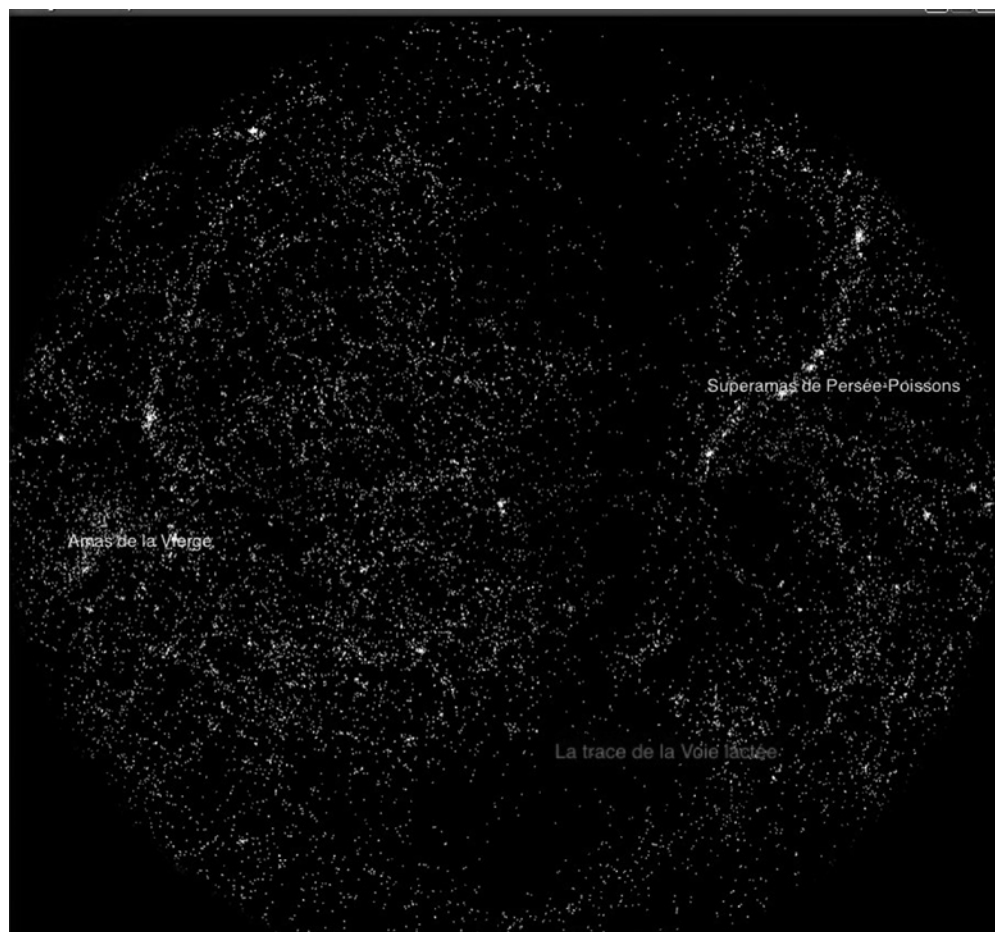


Illustration 3. Représentation de la cartographie galactique en projection 2D sur une voûte. Image tirée d'une séance au Planétarium de Vaulx-en-Velin, janvier 2013.

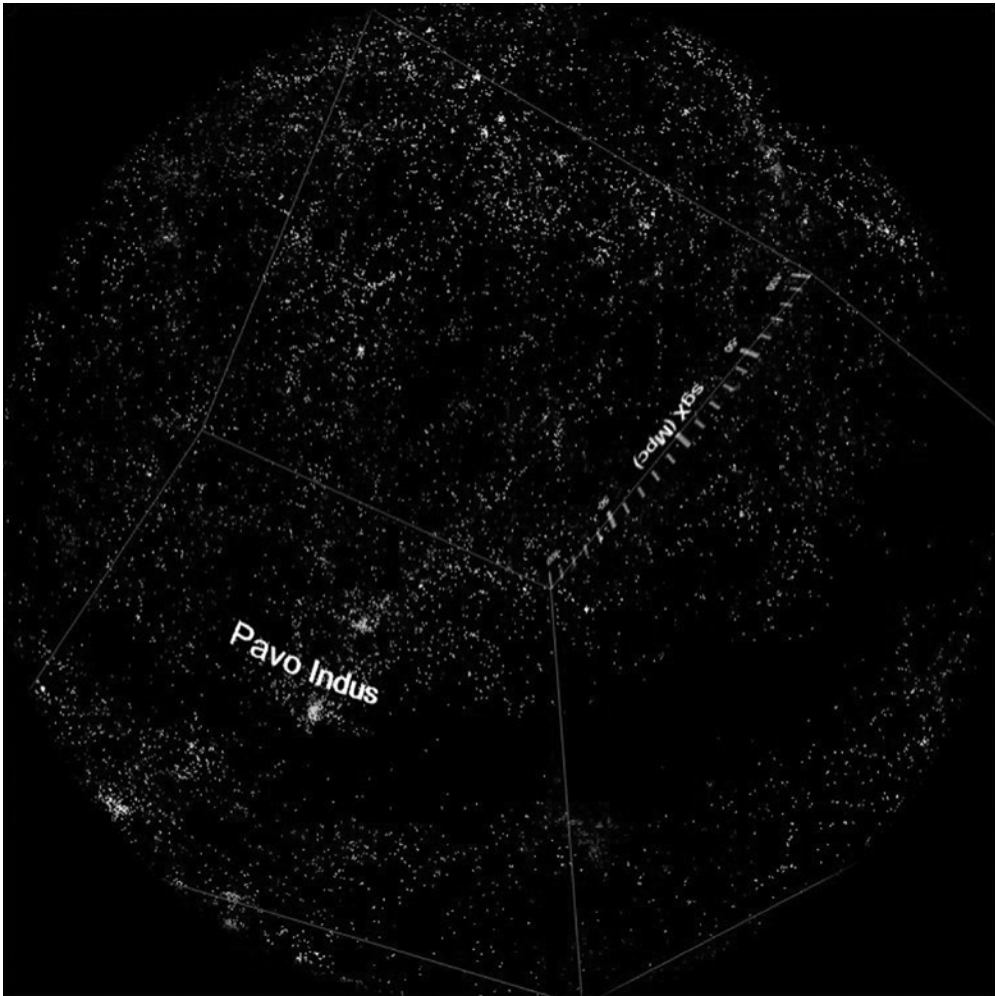


Illustration 4. Représentation de la cartographie galactique en projection 3D dans un rayon de 100 Mégaparsecs. Image tirée d'une séance au Planétarium de Vaulx-en-Velin, janvier 2013.

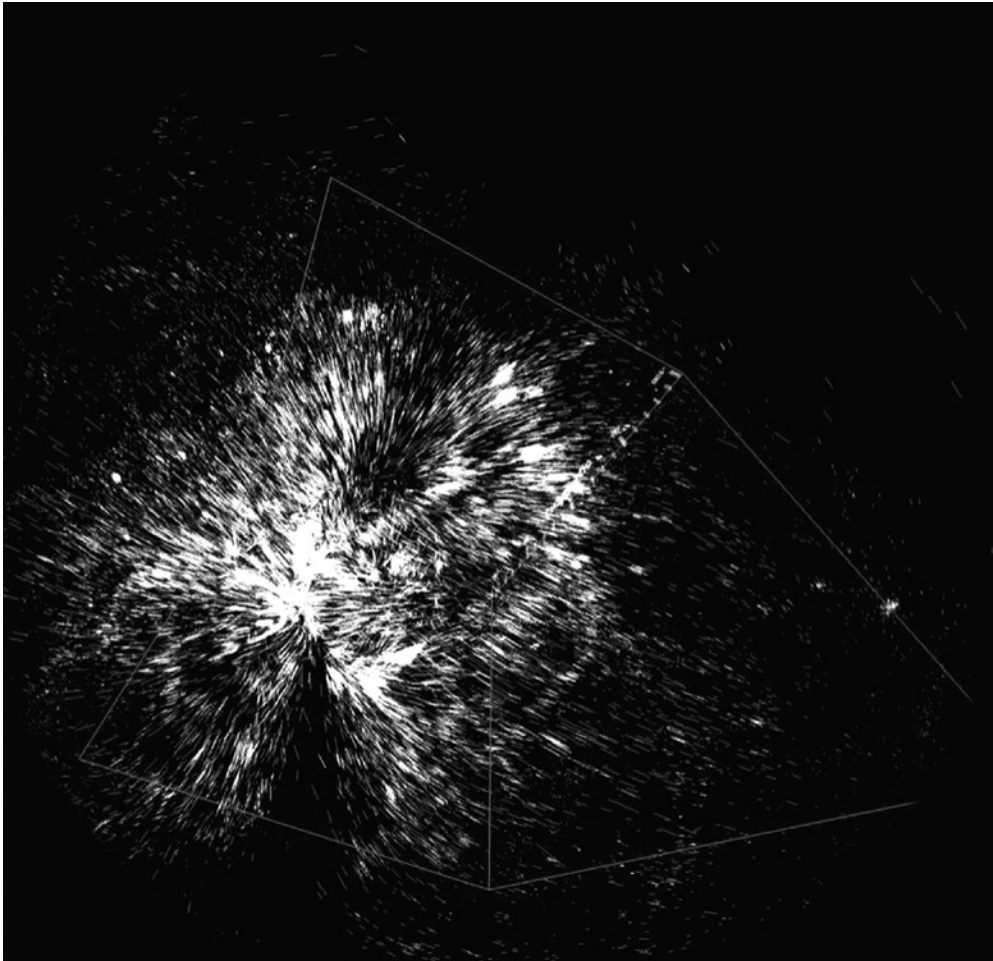


Illustration 5. Représentation des vitesses particulières de chaque galaxie dans un rayon de 100 Mégaparsecs. Image tirée d'une séance au Planétarium de Vaulx-en-Velin, janvier 2013.

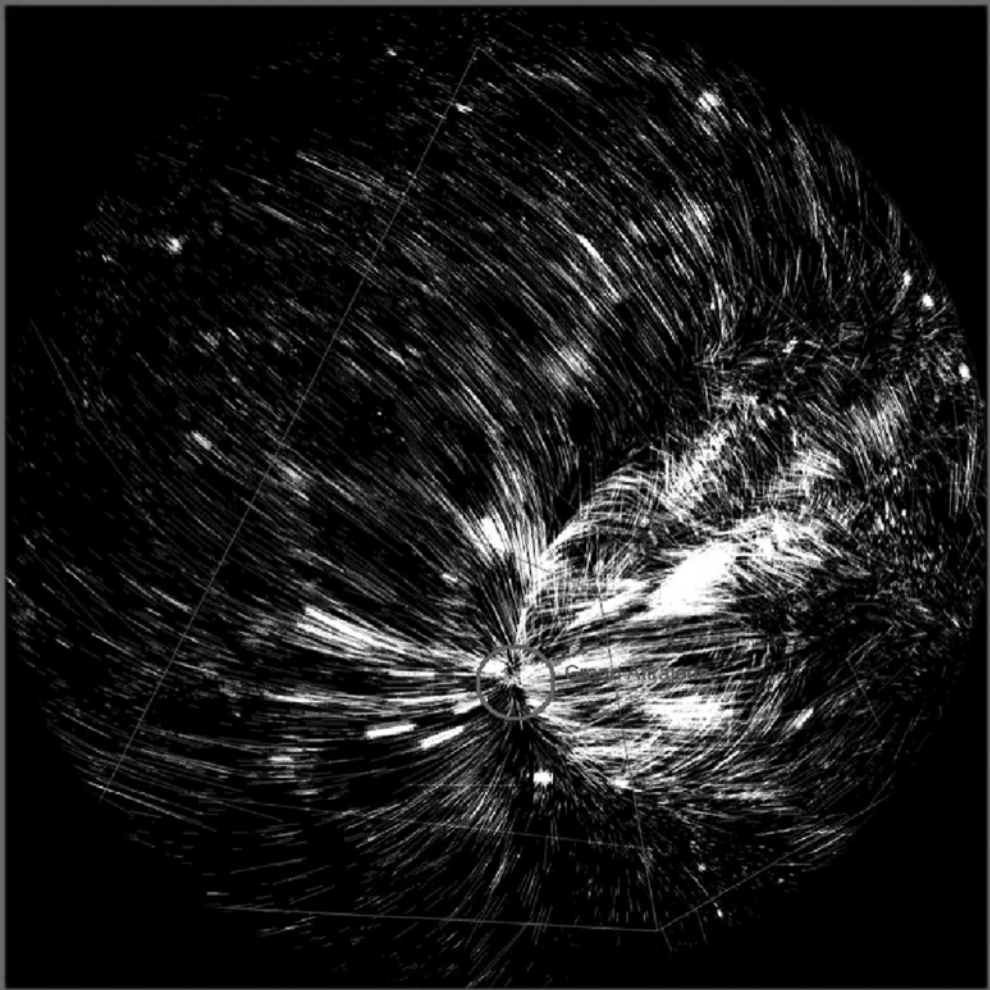


Illustration 6. Position du grand attracteur (cercle rouge). Chaque trait correspond au vecteur vitesse d'une galaxie (rayon de l'Univers 3D : 100 Mégaparsecs). Image tirée d'une séance au Planétarium de Vaulx-en-Velin, janvier 2013.

scientifique dont le support de médiation est l'ensemble du catalogue avec ses données numériques en représentation. Les visiteurs peuvent ainsi reconstruire par eux-mêmes la cartographie d'ensemble de l'Univers local à partir des mouvements qui l'animent : c'est le sens du travail de recherche développé aujourd'hui par Hélène Courtois et ses collaborateurs et que nous nommons « cosmographie moderne » ou « cosmographie dynamique ».

Les visiteurs sont ainsi encouragés par le médiateur à s'interroger sur les observations perçues, à décrire les phénomènes simulés ou à proposer leurs propres interprétations. La simulation doit leur permettre d'observer tout d'abord le déplacement de l'expansion de la paroi d'un grand vide sur le bord duquel notre galaxie se trouve, puis la chute du groupe local de notre galaxie vers un très gros amas de galaxies proches : l'amas Virgo. Avec l'amas Virgo, le dispositif de la présentation doit permettre aux visiteurs de repérer une autre chute à très grande vitesse, dans une direction bien précise; il s'agit de la position possible du « grand attracteur » (ill. 6). Une région qui a fait couler quantité d'encre depuis quinze ans dans la recherche en cosmographie, car mystérieusement elle ne comporte pas de superamas de galaxies pouvant expliquer cette forte attractivité gravitationnelle. Dans les années 1980, cette structure a intéressé particulièrement les astronomes qui ont mis en évidence que notre groupe local s'écartait du mouvement d'expansion général de l'Univers à la vitesse de 366 ± 125 kilomètres par seconde dans la direction du Centaure. D'où l'idée qu'une énorme quantité de matière pouvait attirer notre galaxie et les galaxies environnantes. Il n'existe à ce jour aucune réponse tranchée sur ce sujet, mais seulement plusieurs hypothèses en cours de publication : superamas de matière noire, effet de construction vectorielle. La recherche du grand attracteur a ainsi occupé de nombreuses équipes d'astronomes comme celles de Dominique Proust, de Georges Paturol ou d'Hélène Courtois en France. L'amas Shapley 8 fut un bon candidat jusqu'à très récemment. Le programme de recherche *Cosmic Flows* d'Hélène Courtois propose aujourd'hui une tout autre méthodologie : c'est un processus

dans lequel le public peut s'immiscer pour comprendre une recherche dont tous les résultats ne sont pas encore publiés et stabilisés. C'est pourquoi, d'ailleurs, sa contribution de chercheuse est nécessaire de manière constante dans l'élaboration du projet « Un ciel de galaxies » en permettant de former directement les médiateurs à l'analyse de ces catalogues et à l'actualité de sa recherche. Ce parrainage⁵⁹ du scientifique est la condition *sine qua non* pour amener le médiateur avec son public à reconstruire, dans une approche scientifique, l'évolution de l'Univers local à l'aide de la position et du mouvement propre des galaxies, hors expansion. Le projet « Un ciel de galaxies » permet ainsi pleinement d'engager les visiteurs dans un processus de modélisation pour cartographier la matière à grande échelle et intégrer la notion de matière noire. L'univers scientifique est ainsi mis à la portée du public pour lui offrir l'occasion avant les autres de découvrir, par l'action, des savoirs en cours d'élaboration.

Vers un modèle de la situation médiatique dans les planétariums numériques

La fréquentation de ces structures de culture scientifique et technique pose la question de la transmission et de l'appropriation de connaissances spécifiques dans un contexte qui n'est pas celui de l'école, ce qui nous place aussi dans un contexte connu des recherches en didactique des sciences. La spécificité de l'apprentissage dans un planétarium pourrait en effet être qualifiée de « non formelle » : le type d'apprentissage, les objectifs, la situation diffèrent complètement du cadre scolaire. Dans ces conditions, le visiteur découvre le lieu selon ses envies avec des intentions à la fois culturelles et de loisir. Lors d'une séance de planétarium, les activités proposées sont diverses et font appel à l'utilisation de nombreux médias, telle la projection de films pré-calculés ou de séquences d'animations thématiques en temps réel avec un médiateur. Une séance est

59 Situation de formation que nous souhaiterions généraliser à l'ensemble des planétariums numériques autour de la signification et de l'utilisation de données numériques dans un objectif d'éducation en direction du grand public.

ainsi une véritable mise en scène médiatique que nous définissons comme une situation d'apprentissage culturel basée sur le partage des connaissances, au cours de laquelle sont mélangés les acquis intellectuels (comprendre, questionner, analyser), les actions physiques et intellectuelles (agir, jouer, sélectionner...) et la dimension socio-affective (sensation, émotion, curiosité, envie, plaisir...). Le visiteur vit pleinement une expérience de visite dans un monde qu'il affronte avec ses propres conceptions et schèmes intériorisés. Or, les situations médiatiques proposées dans ces planétariums ne sont pas uniquement le fruit d'une transposition didactique de savoirs savants, de l'avis d'Yves Chevallard⁶⁰, ou de pratiques professionnelles, selon Philippe Perrenoud⁶¹. Elles résultent d'une nouvelle forme de transposition qui prend en compte l'ensemble des processus cognitifs élaborés pour transmettre des savoirs et des pratiques scientifiques dans un contexte culturel : cela renvoie au concept de transposition médiatique décrit par Jack Guichard et Jean-Louis Martinand⁶². Le temps réel et de la réalité virtuelle justifient par ailleurs l'emploi de la pédagogie constructiviste dans les planétariums, pédagogie qui considère l'apprenant comme acteur de ses apprentissages. Un rapprochement cognitif s'est donc opéré entre les différents acteurs de la situation médiatique proposée. Le médiateur a ainsi un rôle de compagnonnage cognitif au cœur de l'EVAH exploré par le public : il pose des questions ouvertes, participe à l'activité, observe tout en laissant des initiatives aux visiteurs, relance ou oriente le débat et les questions du public. Cela rejoint la question des relations des interactions sociales comme fondement de l'apprentissage⁶³ ou du rôle des pairs en tant que « facilitateurs » de l'apprentissage déjà proposé par Lev S. Vygotski dans

les années 1930⁶⁴ ; on peut parler alors d'un mode « socio-constructiviste » des apprentissages. Le rôle fondamental du médiateur dans l'action éducative de tout musée est en effet central, comme le souligne Brigitte Zana⁶⁵ : « Cependant force est de constater que le meilleur objet muséologique, la meilleure exposition ont leurs limites et ne pourront suffire à l'apprentissage [...] qui nécessite l'intervention humaine ! » Les planétariums numériques en tant que musées virtuels se différencient ainsi des autres musées de la toile par le fait qu'ils sont des lieux habités par une médiation humaine, seule capable pour nous de faciliter une construction cohérente de connaissances par le public. En effet, c'est grâce au médiateur que les données numériques collectées et présentées trouvent du sens auprès du visiteur. Pour comprendre et montrer comment les planétariums numériques permettent à leur public de construire des connaissances sur des données de recherche en cours, nous avons adopté une approche théorique suivant une double réflexion. La première, qui s'appuie sur les travaux de Lev S. Vygotski et de Jérôme S. Bruner⁶⁶, pose la présence du médiateur comme étant nécessaire pour mettre en récit, avec l'environnement numérique de planétarium, la science telle qu'elle se fait, c'est-à-dire de formuler avec le public des hypothèses, une démarche d'investigation scientifique, des vérifications ou des incertitudes en lien avec des données « nées numériques », dans notre cas, issues de la cosmographie dynamique. La seconde réflexion, s'appuyant sur l'approche instrumentale de Pierre Rabardel⁶⁷, conduit à dissocier l'environnement numérique du planétarium d'une part en tant qu'instrument et d'autre part en tant que médiateur du contenu d'un savoir. Sur cette double base, nous proposons de présenter le travail du médiateur

101

60 CHEVALLARD, Yves. *La transposition didactique*.

Du savoir savant au savoir enseigné. Paris : La Pensée sauvage, 1985.

61 PERRENOUD, Philippe. « La transposition didactique à partir de pratiques : des savoirs aux compétences ». *Revue des sciences de l'éducation*, vol. 24, n° 3, 1998, p. 487-514.

62 GUICHARD et MARTINAND, *Médiatique des sciences*, *op. cit.*

63 BRUNER, Jérôme S. *Le développement de l'enfant : savoir-faire, savoir dire*. Paris : Presses universitaires de France, coll. « Psychologie d'aujourd'hui », 1983.

64 WEIL-BARAIS, Annick et Marcela RESTA-SCHWEITZER. « Approche cognitive et développementale de la médiation en contexte d'enseignement-apprentissage ». *La nouvelle revue de l'adaptation et de la scolarisation*, n° 42, 2^e trimestre, 2008, p. 83-98.

65 ZANA, « Histoire des musées, médiateurs et éducation scientifique », *op. cit.*, p. 5.

66 *Id.* : et BRUNER, *Le développement de l'enfant...*, *op. cit.*

67 RABARDEL, Pierre. *Les hommes et les technologies : une approche cognitive des instruments contemporains*. Paris : Armand Colin, coll. « U : Série Psychologie », 1995.

dans un modèle de « tétraèdre médiatique » adapté du carré médiatique de François-Xavier Bernard⁶⁸ rendant compte des caractéristiques de l'interaction qui se joue entre les quatre composantes de la situation médiatique immersive observée : 1) l'environnement virtuel, 2) le médiateur, 3) le public-visiteur, 4) le savoir et les pratiques scientifiques visés. Afin de mettre à l'épreuve notre hypothèse sur l'impact éducatif de la situation médiatique proposée lors d'une séance de planétarium sur les visiteurs, nous avons mis en place une méthodologie d'enquête se fondant sur des questionnaires pré-test et post-test ainsi que sur des entretiens individuels semi-directifs appuyés par un guide d'entretien préalablement établi. Cette phase du travail n'est pas encore aboutie. Notre ambition dans cette étude est de permettre d'interpréter (à l'instar d'une grille de lecture) grâce au tétraèdre l'évolution des interactions médiatiques opérées lors d'une séance de planétarium et ainsi de mieux comprendre comment se transmettent, auprès du public, des savoirs issus de la science actuelle.

de recherche, de formuler des hypothèses, de vérifier des possibles ou de mettre en place une démarche d'investigation scientifique. Cela confère à ces équipements un statut de véritables musées virtuels collectionnant des données numériques sur lesquelles la science investit un travail de recherche, mais également de devenir des lieux où la science se montre « telle qu'elle se fait » où le *médiateur* devient le catalyseur de l'apprentissage du public. C'est pour nous une image nouvelle, active, du « musée scientifique ».

102

Conclusion

L'originalité des planétariums numériques est de pouvoir proposer aux publics des environnements uniques où sont montrées dans leur contexte de production des données de la recherche qui n'existent que sous forme numérique. Ce patrimoine numérique de la recherche scientifique passée mais aussi actuelle permet à ces lieux d'en conserver une trace sous forme de modèle numérique, tout en présentant la démarche scientifique dans laquelle ces données ont été générées. C'est bien une aventure sensorimotrice et cognitive dans un Univers de modèles que proposent à leurs visiteurs les nouveaux planétariums numériques. Un monde virtuel, mais bien réel, où il est possible d'investir un travail

68 BERNARD, François-Xavier. *L'impact des dispositifs médiatiques sur les enfants d'âge préscolaire en situation d'apprentissage avec adulte. Étude d'un cas de simulateur informatique dans le contexte d'une exposition scientifique*. Thèse de doctorat en sciences de l'éducation, Université Paris 5 – René Descartes, 2006.

Abstract

Our study's concern is about how to enlarge the scope of the virtual museum concept from the mediation activities as they are carried out in today's digital planetariums to training activities dedicated to the public. We assume that these educational and cultural tools must be regarded as real immersive virtual environments and therefore can provide visitors with a new technological framing directly connected with a scientific field in the making, cosmography, in its production environment. One of our goals is to make visitors construct their own knowledge based directly on ongoing research data.