

DixieVR, concevoir l'architecture par simulation immersive multi-utilisateur

OSWALD PFEIFFER, MATHIEU VENOT *

Ce projet s'inscrit dans la continuité de ceux menés depuis le début des années 1960 sur les interfaces homme/machine immersives, ceux-ci dérivant eux-mêmes de la pensée cybernétique.

L'objectif principal, ici, est de questionner la pertinence de l'utilisation en architecture de la réalité virtuelle en tant que média.

En effet, comment exploiter différemment le potentiel offert par cette technologie, c'est-à-dire en s'écartant du schéma classique de la visite virtuelle ?

Depuis le premier prototype de visiocasque réalisé par Ivan Sutherland en 1968¹, de nombreux chercheurs à la fois du domaine public et privé tentent d'effacer au mieux la frontière conceptuelle qui existe entre l'espace physique et le cyberspace² au moyen de dispositifs immersifs. Ce domaine de recherche est aujourd'hui plus connu sous le nom de réalité virtuelle³. Les dispositifs auxquels nous faisons référence permettent de reconfigurer les sens d'un sujet afin de le plonger plus ou moins intensément dans le cyberspace, cet environnement d'informations pur, ce « pays des merveilles mathématiques »⁴, où la perception humaine peut interagir avec une simulation numérique, de façon naturelle et immersive. Longtemps restée inabordable et insatisfaisante, la réalité virtuelle est aujourd'hui en train de vivre un tournant majeur grâce à la convergence d'un ensemble de facteurs technologiques et économiques comprenant entre autres l'accroissement exponentiel des capacités de calcul des ordinateurs.

De l'autre côté du miroir

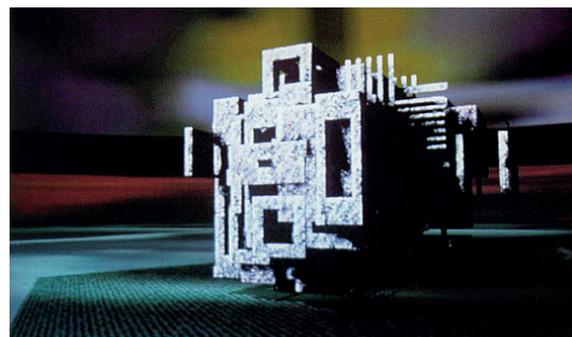
Au début des années 1990, l'accès aux premiers dispositifs efficaces de réalité virtuelle a été rendu possible, créant une certaine effervescence autour de la question du cyberspace. L'architecture se trouva très concernée par ce média et plusieurs figures majeures commencèrent alors à s'y intéresser de près : citons Marcos Novak, qui théorisa alors les concepts

MOTS-CLÉS

software, modélisation, architecture et construction, CAO et DAO

d'architecture liquide¹, de trans-architecture et de trans-architecte⁵, Lars Spuybroek (NOX), qui explora l'hypersurface, élément architectural intégrant des caractéristiques technologiques et interactives, ou encore Kas Oosterhuis, menant toujours aujourd'hui des recherches sur l'interaction, l'immersion et le design collaboratif au sein du studio Hyperbody de l'université de Delft.

Cependant, la technologie manquait encore à cette époque de maturité² et la réalité virtuelle fut rapidement oubliée par le public. Du côté de l'architecture, la recherche liée au numérique entreprit un tournant pouvant être qualifié de « structurel » : la production s'orienta vers la matérialité, les sciences de l'ingénieur, les méthodes de fabrication et la production d'architectures non standard. Il serait pourtant faux d'affirmer qu'aujourd'hui le « réel » est plus appréhendable par la matière que par le virtuel. Nous pourrions même soutenir que l'effet est inverse, puisque le virtuel est, d'un point de vue philosophique, à considérer comme un puissant moteur de réalités. Ce qui donnerait à une production un caractère « réel » serait alors plutôt sa capacité à prendre part au système complexe de relations caractérisant le savoir humain. Kas Oosterhuis dit à ce propos dans une interview de l'ouvrage collectif *Game, Set and Match* : « Tel que je le vois, la réalité virtuelle est plus réelle que ce que nous comprenons habituellement par réalité. Nous savons tout de la



1 Marcos Novak, *Liquid Architecture in Cyberspace* (1991)

* Cofondateurs de DixieVR, diplômés de l'École nationale supérieure d'architecture de Paris-Malaquais.

moindre particule de réalité virtuelle. Nous savons exactement comment le matériel électronique fonctionne et comment le logiciel traverse ses circuits. La réalité virtuelle est plus une sorte d'hyperréalité et, dans notre travail, nous cherchons à faire collaborer la réalité et cette hyperréalité en temps réel⁶. »

En dehors de ce débat épineux sur l'état de la recherche actuelle en architecture computationnelle, nous constatons que le cyberspace n'a pas pour autant cessé de se propager dans l'ensemble des sphères de la société, en grande partie par le biais du développement exponentiel du web. Les technologies de réalité virtuelle/réalité augmentée sont aujourd'hui viables et déjà en train d'envahir massivement notre quotidien (il suffit de suivre l'actualité et d'observer les investissements économiques colossaux qui sont levés par ces technologies pour comprendre qu'un changement radical est en train de se mettre en place depuis 2012, date de lancement de l'Oculus Rift⁷).

1. *Incredible Helmet* ou *Sword of Damocles*, construit au sein de l'université d'Harvard, puis de l'université de l'Utah.

2. Le terme « cyberspace » a été introduit par William Gibson dans son ouvrage *Neuromancer* (New York, Ace, 1984).

3. Le terme original *virtual reality* a été introduit par Jaron Lanier en 1989.

4. Sutherland Ivan, *The Ultimate Display*, Proceedings of the IFIP (International Information Security Conference) Congress, 1965.

5. « Le cyberspace est architecture; le cyberspace possède une architecture; et le cyberspace contient de l'architecture. »

Novak Marcos, *Liquid Architectures in Cyberspace*, in Benedikt Michael (dir.), *Cyberspace. First steps*, Cambridge, The MIT Press, 1992, p. 226.

6. Oosterhuis Kas, *Yes we build spaceships*, in Hubers J.C., Van Veen M., Kievit C. (dir.), *Game, Set and Match I*. Proceedings of the conference GSM real-time interactive architecture, Delft, Delft University of Technology, Faculty of Architecture, 2001, p. 9.

7. En 2012, une campagne de financement participatif est lancée par Palmer Luckey, fondateur de la société Oculus, afin de récolter 250 000 dollars pour développer un casque de réalité virtuelle, le Rift. Oculus reçoit 2 500 000 dollars au bout d'un mois seulement, soit dix fois le montant attendu initialement. Quelques mois plus tard, Facebook rachète la société pour 2 milliards de dollars. 175 000 kits développeurs ont été vendus depuis. Le 8 janvier 2016, Oculus met en prévente une première version commerciale du casque en limitant la vente à un casque par acheteur, le stock est épuisé en 14 minutes.



2 Scott Fischer, *VR research for Nasa* (1985)

Il est donc urgent de faire ré-émerger les questions soulevées il y a une vingtaine d'années à propos de la spatialité des espaces virtuels, en considérant les nouveaux facteurs qui viennent nourrir ou modifier ces interrogations.

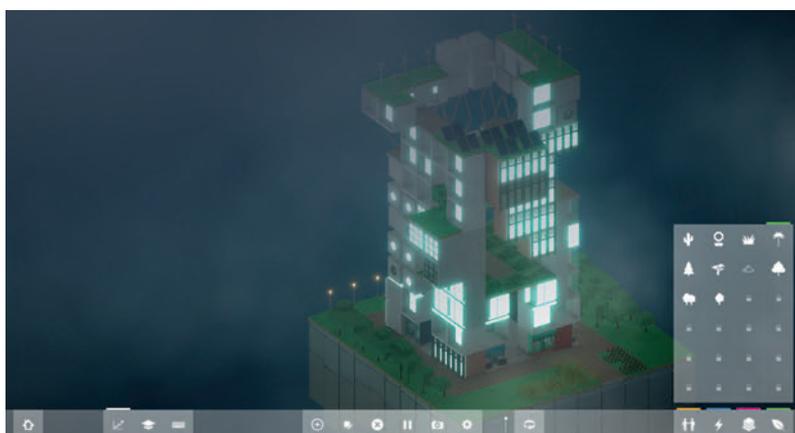
Malgré le potentiel considérable que possèdent les simulations immersives pour l'architecture (perception de l'espace à échelle 1/1, interaction directe, communication, éducation...), nous constatons que leur principal rôle se résume généralement à la visite virtuelle d'une modélisation 3D d'un bâtiment déjà conçu. Depuis le premier programme de ce type, le système Walkthrough datant des années 1980, jusqu'aux dernières solutions exposées par exemple à Batimat en 2015, il semblerait que peu de réflexions nouvelles sur cette technologie aient été développées.

Nous assistons pourtant, avec l'émergence du web collaboratif, à la concrétisation d'une certaine vision de l'intelligence collective qui a su être mise à profit, notamment par le biais d'applications fondées sur un ensemble de mécaniques issues du jeu vidéo, en particulier des *serious game* et *sandbox game*, où le but n'est plus de gagner, mais de générer des interactions, encourageant la production de savoir ou la créativité. Kas Oosterhuis explore déjà la question du jeu dans son studio de recherche Hyperbody depuis plusieurs années, les travaux menés par Jose Sanchez au sein de Plethora Project vont également dans ce sens ³. Nous pensons qu'il serait aujourd'hui judicieux de coupler ce principe à celui de la simulation immersive afin de permettre à différents acteurs, architectes ou non, de concevoir collectivement des espaces en utilisant principalement leur intuition décisive, puisque l'architecture concerne avant tout la production d'espaces et qu'un espace ne peut être apprécié qu'une fois que notre corps est capable d'en saisir toute la densité en y étant présent.

Parallèlement, en prenant simplement en compte l'exemple des communautés en ligne, nous pouvons nous demander ce qu'il adviendra lorsque les échanges ne se feront plus à travers un simple écran, mais dans un espace virtuel où sera immergé le corps de l'utilisateur ⁴. Pourquoi l'architecte ne serait pas celui à qui reviendrait la tâche de produire ces espaces virtuels aux contraintes différentes des espaces physiques qu'il produisait jusqu'alors? Rappelons que ces espaces, bien que d'une nature différente, sont tout aussi réels que les espaces physiques et soulèvent des enjeux sociaux et économiques tout aussi importants. Peut-être est-ce l'occasion de retrouver une liberté de création qui se perd peu à peu avec le resserrement des normes et autres contraintes ultra-restrictives auxquelles l'architecte est soumis, transformant progressivement son rôle de concepteur d'espace vers celui de dessinateur technique ou de conseiller artistique.

Outils conceptuels et ressources matérielles

Nos premières réflexions nous ont permis d'identifier plusieurs concepts clefs à intégrer dans notre démarche. D'une part se trouvent les deux piliers de la réalité virtuelle : perception et interaction ; perception par le corps d'un espace simulé à échelle réelle, sensation d'être présent dans la scène, et interaction des utilisateurs avec l'environnement virtuel. D'autre part se profile le principe d'interaction des utilisateurs entre eux ou le principe de collaboration et de travail en réseau sur un modèle partagé : absolument essentiel depuis la naissance du web et de plus en plus présent dans le champ de l'architecture avec les progrès du BIM (*Building Information Modeling*).



³ Jose Sanchez, *Block Hood* (2015), *serious game* sensibilisant à l'urbanisme responsable



⁴ Campagne publicitaire de Magic Leap, start-up financée par Google promettant de faire sortir Internet des écrans

Ces aspirations se sont traduites par le développement d'un logiciel de simulation multi-utilisateur permettant de concevoir un projet architectural en immersion : DixieVR.

Mais comment exprimer la différence fondamentale qui existe entre regarder un écran et porter un casque de réalité virtuelle? Cette différence est finalement la même qui pourrait se trouver entre le fait de regarder le monde à travers une fenêtre et être dans le monde ⁵.

La barrière se dressant traditionnellement entre l'espace du modèle virtuel et l'espace physique où se trouve l'architecte est ainsi réduite considérablement. Les traditionnelles questions d'échelle, de projection et de représentation, qui sont aussi présentes sur papier que sur écran, prennent une tout autre tournure puisque :

- l'environnement observé apparaît à échelle 1/1 ;
- la perspective n'est pas déformée et doit idéalement correspondre à notre perception réelle de l'espace ;
- les simulations développées pour la réalité virtuelle sont construites généralement autour de

moteurs de jeu. Ces moteurs privilégient le nombre d'images calculées par seconde, ce qui se traduit par un ensemble de techniques permettant de générer à partir de géométries allégées des graphismes très réalistes en quasi temps réel.

Il va de soi que ces divergences changent radicalement notre rapport à un modèle virtuel. Le processus de « dessin » ou de génération d'un modèle dans un environnement immersif soulève donc de nombreuses questions conceptuelles auxquelles nous avons tenté de répondre avec DixieVR.

Considérons par exemple le simple fait de changer de point de vue sur un objet virtuel, habituellement réalisé de façon très rapide et régulière en tournant la caméra dans les logiciels de CAO classiques. Cette action prend une tournure tout à fait différente en situation d'immersion. Car la réalité virtuelle offre une expérience intense et viscérale, et des mouvements brusques, répétés ou non naturels peuvent immédiatement provoquer une sensation d'inconfort voire de malaise (le *virtual reality sickness* ou *cybersickness*, assimilable au mal des transports).

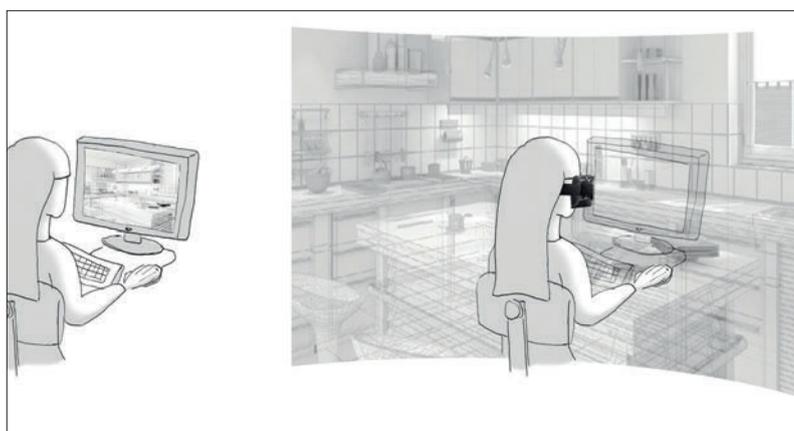
Notre travail a donc consisté en grande partie à repenser l'intégralité du processus de conception d'un modèle numérique afin de l'adapter aux trois principes isolés précédemment (perception, interaction, coopération), découlant selon nous de la nature profonde du média utilisé.

Tout le développement de DixieVR s'est fait sur Unity3D, un moteur de jeu disponible gratuitement pour les développeurs indépendants. Il est peu courant d'utiliser ce type de logiciel en architecture, c'est pourquoi il est important de bien discerner un moteur de jeu d'un logiciel de type CAO.

Un moteur de jeu permet d'assembler divers éléments (*assets*) afin de produire une scène où se dérouleront des événements. Il dispose également d'un ensemble de fonctions intégrées qui simplifient la création d'environnements de jeu (moteur physique et traitement de l'éclairage et des ombres entre autres). Les *assets* peuvent être des objets en maillage 3D (*mesh*), des textures, des sons ou encore des scripts qui pourront être attachés à des objets afin de leur donner un comportement.

DixieVR s'inscrit dans la lignée des *sandbox games*, c'est-à-dire des jeux de simulation qui utilisent le principe de la génération procédurale : au lieu de définir une scène de manière précise, on définit des règles de comportement et d'assemblage d'éléments par le biais d'un ensemble de scripts, puis on laisse à l'utilisateur le choix de faire ce qu'il désire de ces éléments. C'est l'équivalent d'un jeu de construction, où le potentiel créatif d'un individu est généralement accru grâce aux contraintes posées par les règles du jeu.

Nous avons, pour gagner du temps en évitant de refaire ce qui a déjà été fait par d'autres, utilisé et



5 Le saut dimensionnel de la réalité virtuelle



6 Deux testeuses de DixieVR, en pleine conception collaborative d'un bâtiment

adapté certaines ressources rendues disponibles par la communauté des utilisateurs de Unity3D. Mais nous avons également en majeure partie écrit nos propres scripts en langage C# dans l'environnement de développement gratuit de Microsoft, Visual Studio Community. Deux casques Oculus Rift DK2 (Developer Kit 2) étaient en notre possession au début de la recherche. Des modules pour Unity3D permettent d'intégrer ces dispositifs efficacement 6.

Assez tôt s'est posée la question des dispositifs utilisables pour interagir avec la simulation une fois en immersion. Nous avons étudié la possibilité d'utiliser des capteurs de mouvements, avec ou sans manette, ou encore d'autres dispositifs de type souris 3D.

Nous avons finalement choisi de travailler uniquement avec une souris, principalement pour ne pas perdre du temps à intégrer des dispositifs qui deviendront obsolètes en quelques mois, sachant que la plupart des constructeurs de visiocasques ont mis sur le marché des capteurs de mouvements adaptés à leur technologie très peu de temps avant la fin du développement de DixieVR.

Afin de permettre à l'application de communiquer en réseau sur différents postes de travail pour la conception collaborative, nous avons mis en place un réseau privé virtuel (VPN) par le biais du logiciel LogMeIn Hamachi dédié à cela. Au cours de l'exécution de DixieVR, une des machines sera désignée comme hôte, tandis que les autres seront clients. L'environnement virtuel n'est par conséquent pas persistant : si l'hôte quitte l'application, tous les clients seront également déconnectés. Nous avons cependant intégré des fonctions de sauvegarde et de chargement d'une scène qui pallient la perte de données et qui permettent également de communiquer avec d'autres applications, comme nous le verrons plus loin.

Développement de DixieVR

Une grande partie du travail de développement de DixieVR a concerné la mise en place de l'interface utilisateur et des fonctions qu'elle appelle.

Il a également fallu penser la programmation de l'application pour un fonctionnement en réseau, ce qui a compliqué quelque peu l'ensemble du processus. Par exemple, les actions de créer, supprimer ou modifier un élément doivent devenir des requêtes envoyées au serveur, que celui-ci va devoir effectuer avant de synchroniser leur résultat chez l'ensemble des clients.

L'interface de DixieVR est scindée en deux parties :

- le menu principal **7**, qui permet de rejoindre une simulation en tant que client, d'héberger une nouvelle simulation en choisissant un des deux environnements proposés ou de charger une simulation sauvegardée précédemment ;
- le navigateur **8**, qui permet d'accéder pendant la simulation aux diverses fonctions et options disponibles.

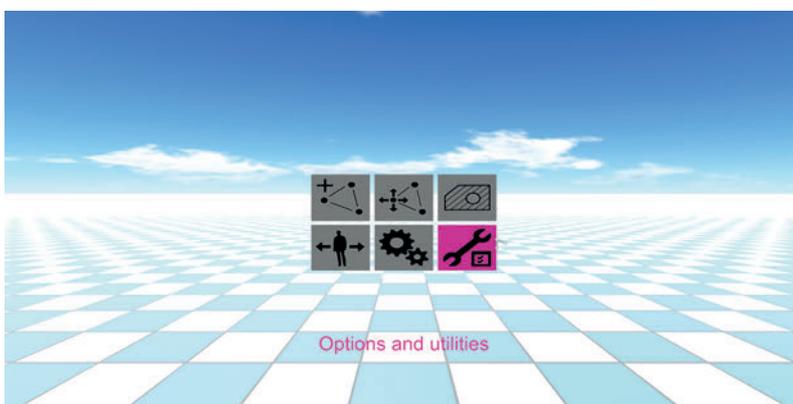
Système constructif

La nature des objets de DixieVR est particulière : elle est en réalité calquée sur l'anatomie d'un maillage 3D. Il existe par conséquent trois principales primitives : les nœuds, les barres et les plans (correspondant aux sommets, arêtes et faces d'un maillage). Une barre ne peut être créée qu'à partir de deux nœuds et une face ne peut être créée qu'à partir de trois nœuds, rendant ainsi l'ensemble de la géométrie pratiquement uniquement dépendante de la position des nœuds dans l'espace **9**.

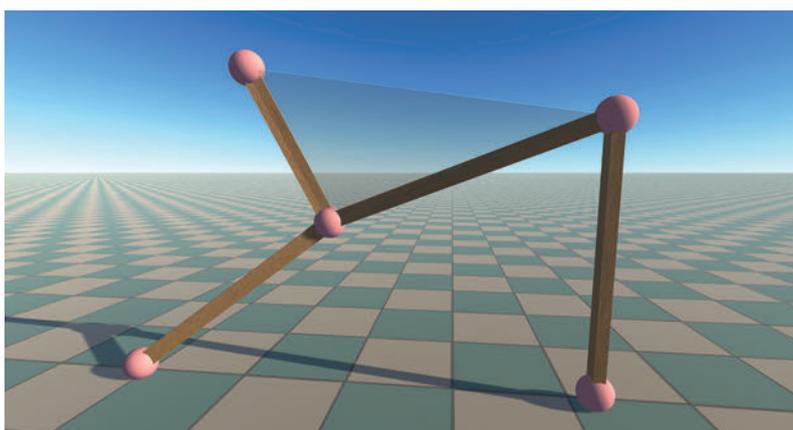
Ce système constructif permet de décrire, par discrétisation, pratiquement n'importe quelle géométrie. La fidélité dépendra donc principalement de la résolution du maillage, en particulier pour les éléments courbes. Cette idée n'est ni plus ni moins celle du *mesh* en modélisation 3D. Son principe peut être assimilé à des règles de jeu simples, mais



7 Menu principal de DixieVR



8 Navigateur de DixieVR



9 Les éléments constructifs de DixieVR (nœuds, barres, plans)

offrant une grande modularité, permettant ainsi à n'importe quel utilisateur de prendre rapidement le logiciel en main. Nous pouvons le considérer comme appartenant à la famille des treillis spatiaux, dont le caractère universel a été largement exploré en architecture et en ingénierie, d'abord pour les ouvrages d'art au début du XIX^e siècle,

puis pour des bâtiments au début du xx^e siècle avec notamment les travaux de Buckminster Fuller sur le système Mero. Le comportement mécanique des treillis spatiaux peut, de plus, être simulé efficacement dans un moteur de jeu comme Unity3D et fournir des informations pertinentes sur l'isostatisme d'une structure.

Les barres peuvent être utilisées pour représenter des éléments architecturaux linéiques (poteaux, poutres...) et les faces pour représenter des éléments architecturaux surfaciques (parois, sol ou plafond...). Un système d'accrochage et de projection a également été implémenté dans DixieVR pour permettre de placer les points avec une précision correcte dans l'espace. Tous les éléments sont éditables, si la position d'un nœud est modifiée localement, les barres et plans qui y sont liés seront également transformés. Par ailleurs, il est possible d'éditer un objet en tant que groupe. Les fonctions essentielles de transformations géométriques présentes dans tous les logiciels de CAO sont alors applicables à ces groupes (translation, rotation, symétries, changement d'échelle uniforme, changement d'échelle non uniforme, copie multiple).

La reconnaissance des groupes d'éléments a demandé l'implémentation d'un algorithme spécifique : chaque nouveau nœud créé est doté d'un indice unique plus grand que le précédent. Chaque élément d'un groupe cherche à adopter l'indice le plus élevé

possible parmi le sien et ceux de ses voisins. Si un groupe est scindé, chaque élément voisin à la rupture se verra doté d'un nouvel indice unique. Chaque élément d'un groupe adoptera ainsi automatiquement un même indice unique. L'efficacité de l'algorithme dépend du fait que chaque élément porte en lui des informations relatives à ses éléments voisins.

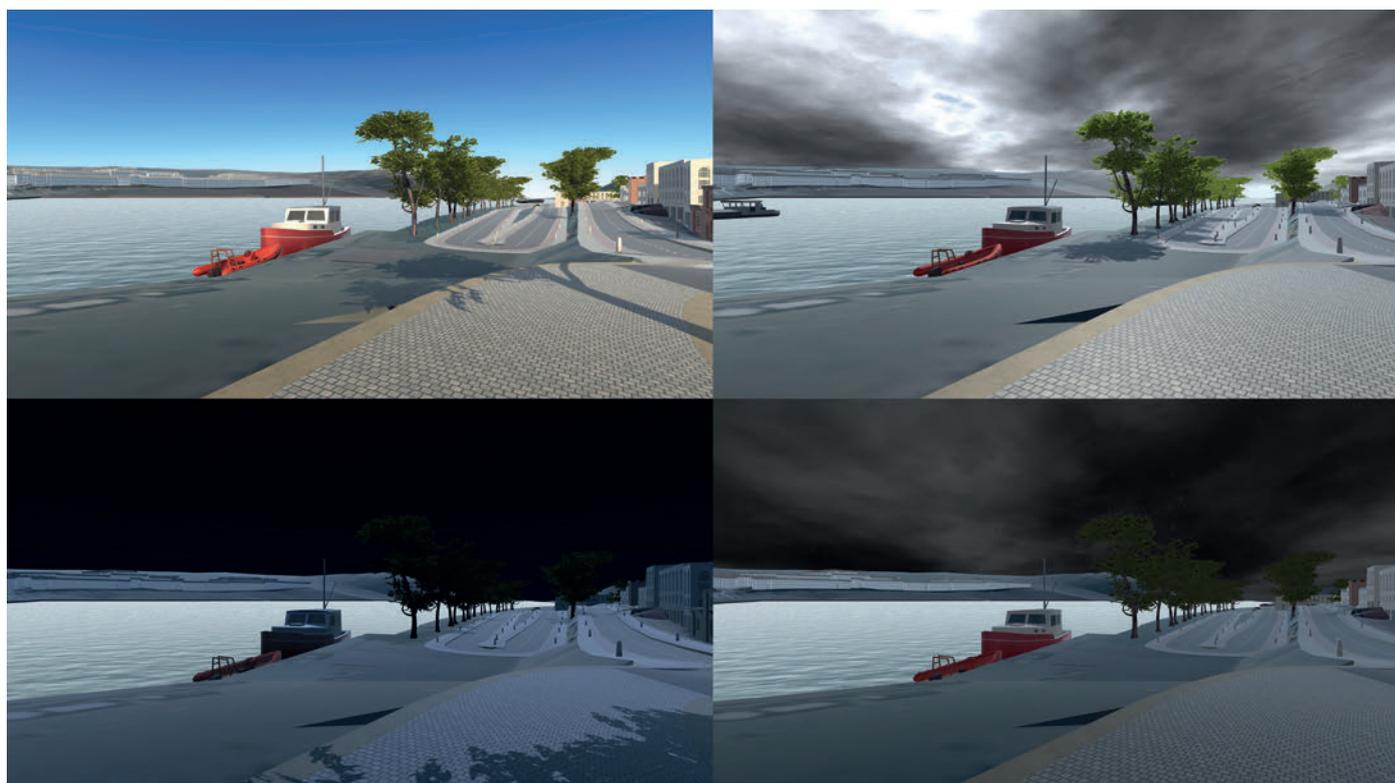
L'aspect visuel des éléments générés est définissable et permet d'accentuer l'immersion de l'utilisateur. Quelques caractéristiques basiques ont été intégrées, mais nous pourrions imaginer dans le futur de lier ces propriétés à des bibliothèques de textures et d'objets 3D existants.

Les matériaux disponibles pour les éléments linéiques sont le bois, l'acier, le béton et un matériau générique peint (qui permet à l'utilisateur de lui donner la couleur de son choix). Les types de sections disponibles sont : rectangulaire, circulaire et profilé IPN. Les dimensions de la section sont configurables. Les éléments surfaciques disposent des mêmes matériaux, excepté pour le métal qui est remplacé par du verre. L'épaisseur de ces éléments est également définissable.

Déplacements

DixieVR implémente trois modes de déplacement différents :

- déplacement au sol : mode « piéton ». L'utilisateur se déplace dans la direction où il regarde. La gravité l'affecte et il ne peut pas passer à travers les objets ;



10 Modification en temps réel de l'heure et des conditions environnementales

- déplacement en l'air : mode « vol ». L'utilisateur se déplace dans la direction où il regarde. La gravité ne l'affecte pas et il peut passer à travers tous les objets;
- téléportation : aussi appelé *ghosting*. L'utilisateur crée un « fantôme » à son image, qu'il peut contrôler à distance. Un aperçu semblable à un écran montre la vision du fantôme. Une fois que sa position est satisfaisante, l'utilisateur peut s'y téléporter.

Un effort particulier a été mis en œuvre pour limiter au maximum le *cybersickness* via l'utilisation de transitions douces et de mouvements toujours effectués vers l'avant. L'utilisation prolongée de DixieVR est relativement supportable en comparaison de la plupart des expériences de réalité virtuelle aujourd'hui accessibles (de 30 minutes à 2 heures environ).

Simulation

D'une part, il est possible de modifier les conditions atmosphériques et l'éclairage naturel en fonction d'une date et d'une heure données, toujours dans une optique d'immersion et de rendu réaliste en temps réel [10](#). D'autre part, il est possible de simuler approximativement le comportement d'une structure filaire sous l'action de la gravité. L'utilisateur peut déclarer certains nœuds comme étant fixes, en faisant des points d'ancrage. Tous les autres nœuds vont agir comme des rotules tridimensionnelles.

La simulation physique est exécutée localement (son effet n'est pas synchronisé sur le réseau) et lorsqu'elle est stoppée tous les objets reprennent leur configuration initiale. C'est un outil pratique pour vérifier par exemple qu'une structure est correctement triangulée.

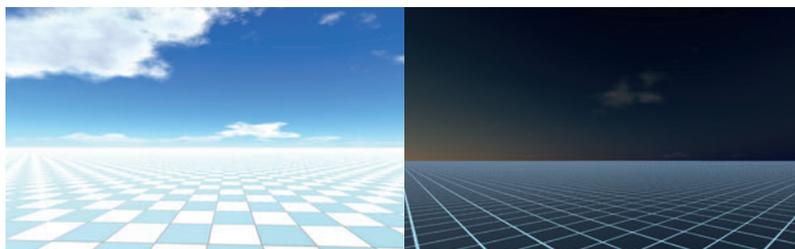
Environnement

Afin d'exploiter pleinement l'aspect immersif de la simulation, nous avons fait le choix de modéliser un environnement existant pouvant apporter un contexte urbain sur lequel s'appuyer pour concevoir avec DixieVR. Les caractéristiques visées dans cette tâche ne concernent pas uniquement le réalisme visuel; la cohérence au niveau des interactions, les mécanismes et les informations offertes par le modèle comptent également.

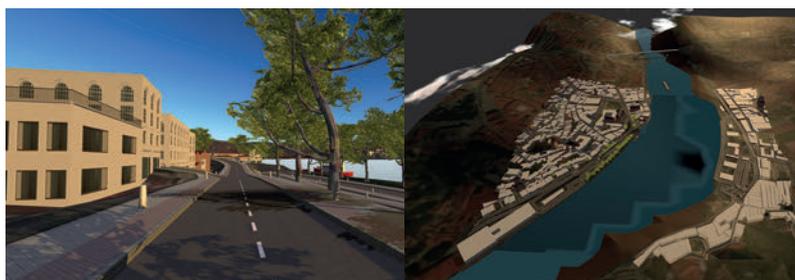
DixieVR propose donc deux environnements :

- un espace de modélisation vide prenant la forme d'une grille infinie [11](#);
- un territoire réel : une portion de la ville de Porto, au Portugal [12](#).

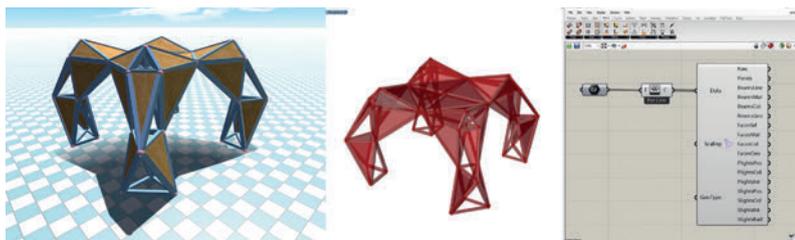
La modélisation 3D de ce dernier a été obtenue par le traitement de données SIG (système d'information géographique), principalement fournies par OpenStreetMap (bâtiments, routes, voies ferrées, cours d'eau), BingMap & USDA (textures du terrain) et Nasa SRTM & USGS DEM (topographie



11 Environnement sous forme de grille infinie de jour et de nuit



12 Environnement en territoire réel (portion de la ville de Porto)



13 Modèle DixieVR importé dans Grasshopper avec DixieO

du terrain). Ces données ont été traitées automatiquement par Infracore360 afin de générer un modèle 3D relativement précis du site. Ce dernier a ensuite été exporté vers Unity3D. La lourdeur et la complexité du modèle ont demandé une série d'optimisations afin de ne pas réduire les performances de la simulation et de risquer des pertes en images par seconde (sachant qu'une application de réalité virtuelle doit idéalement rester en permanence aux alentours de 75 images par seconde sur chaque œil afin de ne pas rendre l'expérience inconfortable).

L'optimisation des performances effectuée après import dans Unity3D passe par la gestion des lumières (*global illumination* et *reflection*), les objets statiques (*batching*), le calcul des objets affichés (*occlusion culling*) et les paramètres graphiques (*rendering*, ombres et LOD, *Level Of Detail*, niveau de détail d'un objet suivant la taille qu'il aura à l'écran ou son éloignement).

Interopérabilité

Le rôle principal de DixieVR est de permettre d'essayer des espaces visuellement réalistes et immersifs rapidement et en coopération. Une des limites

QUELQUES PRODUCTIONS

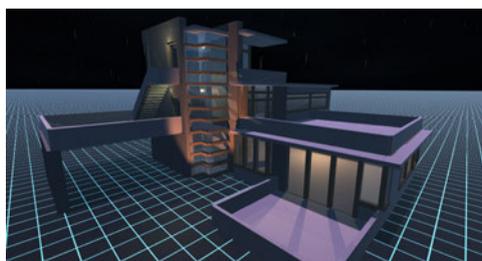
- Manifesto est le premier modèle produit à plusieurs en immersion avec DixieVR. Il a été réalisé par deux personnes en immersion pendant 20 minutes **14**.
- Wright House, esquisse 3D d'une maison inspirée de l'architecture de Frank Lloyd Wright, a été réalisé par une personne en immersion pendant 2 heures **15**.
- VR Pavilion, esquisse 3D d'un bâtiment offrant un panorama sur le Douro, a été réalisé par deux personnes en immersion pendant 1 heure **16**.



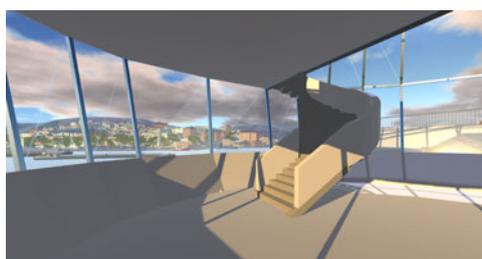
14 Manifesto, première réalisation collaborative en immersion



15 Wright House, maison inspirée de l'architecture de Frank Lloyd Wright



16 VR Pavilion, bâtiment offrant un panorama sur le Douro



du logiciel se situe donc au niveau de la finesse des détails. Afin de pouvoir détailler et retravailler les objets 3D construits dans DixieVR au sein d'un logiciel de CAO plus précis, nous avons créé un format d'échange possédant une extension « dix ».

Parallèlement à l'application principale, nous avons donc développé un *plugin* pour Grasshopper : DixieIO. Celui-ci permet à la fois d'importer de la géométrie issue de DixieVR dans Grasshopper **13** et d'exporter de la géométrie provenant de Rhino ou Grasshopper vers DixieVR de façon à conserver la nature paramétrique des objets produits.

Une application mobile, DixieViewer, a également été développée afin d'observer un modèle produit dans DixieVR ou exporté de Grasshopper avec DixieIO sur un smartphone accompagné d'un boîtier de réalité virtuelle de type Google Cardboard. Un simple bouton sur le côté du casque permet alors de passer d'une vue à une autre. Ces casques offrent une expérience beaucoup moins immersive, mais ont l'avantage d'être facilement accessibles et utilisables n'importe où.

Conclusion

L'objectif que nous nous étions fixé pour notre recherche était de permettre d'esquisser en coopération des volumes et des espaces architecturaux en exploitant le principe de présence, c'est-à-dire avec la sensation d'être physiquement présent dans le modèle, comme on pourrait l'être dans un espace physique du quotidien.

En prenant en compte les productions citées (voir encadré « Quelques productions »), nous considérons que ce premier objectif a été atteint. Cependant, DixieVR ne représente finalement qu'un peu moins d'une année de travail accomplie par deux personnes qui ont appris à programmer et à utiliser des technologies de réalité virtuelle en quasi autonomie. DixieVR est aujourd'hui une version bêta, mais nous pouvons déjà imaginer de nombreuses évolutions et perspectives le concernant, le faisant passer d'un stade de *sandbox game* à celui d'un logiciel de conception professionnel.

Ce que DixieVR permet de faire aujourd'hui :

- esquisser rapidement un espace en trois dimensions de façon relativement précise à échelle architecturale, le tout en immersion, seul ou à plusieurs en coopération ;
- exporter facilement une géométrie créée avec DixieVR vers Grasshopper, connectant ainsi DixieVR à un écosystème de logiciels existants utilisés dans la conception architecturale ;
- inversement, importer une géométrie issue de Rhino ou Grasshopper dans DixieVR en la rendant aussi manipulable qu'une géométrie native de DixieVR ;

- offrir une perception réaliste de l'espace passant par un large panel d'ambiances dynamiques et par la simulation d'un contexte urbain réel;
- simuler sommairement le comportement d'une structure en treillis sous l'action de la gravité;
- visualiser rapidement un projet en réalité virtuelle sur smartphone par le biais de l'application Dixie pour Android, que celui-ci ait été créé directement dans DixieVR ou sur Grasshopper.

Quelques limites du logiciel et évolutions potentielles :

- seulement quelques matériaux sont disponibles, il serait intéressant de lier le logiciel à une large bibliothèque de matériaux et d'éléments standard;
- les performances du logiciel sont limitées, notamment par le nombre d'éléments pouvant être affichés dans une scène (environ 1 000 barres et 700 faces, ce qui est peu pour définir le modèle d'une architecture de taille importante);

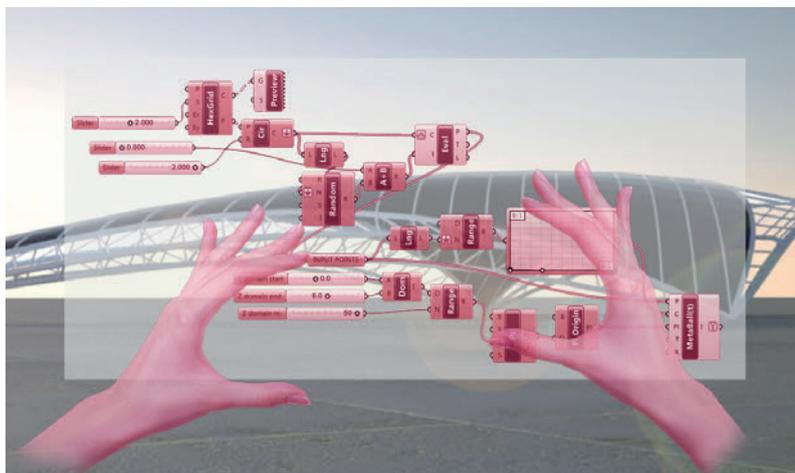
– le travail à la souris a été une contrainte matérielle avant tout, l'évolution rapide des technologies de réalité virtuelle nous laisse penser que l'utilisation de capteurs de mouvement précis comme ceux qui ont été mis sur le marché depuis peu par Oculus ou HTC serait bien plus efficace et immersif;

– de même, l'amélioration des casques nous permet d'envisager la disparition dans un futur proche de certaines contraintes techniques (*cybersickness* empêchant l'utilisation prolongée du logiciel, déplacements toujours peu intuitifs, résolution trop basse de l'image...) et pourquoi pas, à long terme, le couplage avec d'autres interfaces de pointe (reconnaissance vocale, interface cerveau/machine...);

– si nous avons choisi de travailler avec un système constructif en treillis offrant un maximum de liberté pour un minimum de « règles du jeu », nous pouvons envisager l'implémentation de fonctions de modélisation aussi robustes et puissantes que dans un modèleur 3D classique tel que Rhino ou 3DS Max. La modularité du logiciel pourrait comprendre également des fonctions de programmation visuelle et de modélisation paramétrique à l'instar de Grasshopper **17**.

– l'import de données géographiques et urbaines pourrait être automatisé, permettant potentiellement de simuler n'importe quel site sur Terre. De même, la simulation physique en temps réel, qui est un des avantages considérables d'une architecture logicielle fondée sur un moteur de jeu, pourrait devenir bien plus complète et réaliste. La simulation acoustique aurait également bien des avantages à être couplée à l'immersion visuelle;

– la partie réseau de DixieVR pourrait être renforcée afin de permettre à un nombre d'utilisateurs important de travailler simultanément, en définissant des rôles et des droits d'accès au modèle



17 Conception paramétrique en immersion



18 Produire la ville dans le cloud

correspondant, y compris un rôle de simple spectateur. En rendant les mondes persistants, nous pouvons également imaginer une société où l'architecture se conçoit « en direct » et publiquement, dans le monde virtuel où chacun peut assister ou participer littéralement à son échelle à la production de la ville **18**. ■

EN LIGNE

Site de DixieVR :

<http://dixievr.com>

Viewer sous Android :

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.DixieVR.DixieViewer>

DixieVR sur Facebook :

<https://www.facebook.com/dixievr>

Tous les liens sur <http://eduscol.education.fr/sti/revue-technologie>