



**HAL**  
open science

# Visualisation et interaction de la maquette numérique par immersion

Ewan Lornois

► **To cite this version:**

Ewan Lornois. Visualisation et interaction de la maquette numérique par immersion. Architecture, aménagement de l'espace. 2017. dumas-01807930

**HAL Id: dumas-01807930**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01807930v1>**

Submitted on 5 Jun 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Copyright

# Architecture Numérique

Visualisation et interaction de la maquette numérique  
par immersion

Mémoire deuxième cycle master – 2017/2018  
Séminaire Architecture Numérique  
Ecole National Supérieure d'Architecture de Toulouse

Sous l'encadrement de :  
Sandra MARQUES  
Bernard FERRIES  
Jean-Pierre GOULETE

« La capacité des concepteurs à communiquer le travail aux clients via le support de la réalité virtuelle a toujours connu une popularité en raison de sa capacité à laisser les gens expérimenter un design plutôt que simplement de le visualiser. »

LA RÉALITÉ AUGMENTÉE: LA PROCHAINE ÉTAPE LOGIQUE POUR LES ENTREPRISES BIM-READY?

21 MAI 2017

PAR GAURANG TRIVEDI BIM+

Je tiens à remercier l'équipe enseignante de l'ENSA Toulouse du séminaire  
Architecture Numérique AN :  
Sandra MARQUES, Bernard FERRIES et Jean-Pierre GOULETTE

Je remercie aussi mes camarades de classe Lionel CLOT, Marion CALMETTES et  
Margaux DECRUYENAERE pour leurs avis et conseils avisés.  
Je remercie également mes proches pour leur soutien et leur intérêt.

## Table des matières :

1 - Introduction	09
2 - Méthode de travail	08
2.1 - Contexte	11
2.2 - Constats	12
2.3 - Questionnements	16
2.4 - Pistes de travail	18
3 - Impact de la réalité immersive dans le monde du bâtiment	21
3.1 - Une nouvelle approche du projet	21
3.2 - La réalité virtuelle	24
3.2.1 - Présentation de la Réalité Virtuelle	24
3.2.2 - Domaines d'applications	29
3.2.3 - Impact	32
3.2.4 - La RV et l'architecture	34
3.3 - La réalité augmentée	37
3.3.1 - Présentation Réalité Augmentée	37
3.3.2 - Domaines d'applications	41
3.3.3 - Impact	45
3.3.4 - La RA et l'architecture	47
3.4 - Une nouvelle façon de communiquer	50
4 - Conclusion	52
5 - Bibliographie	54
6 - Table des illustrations	55

« Cela permet aussi de faire rêver le client plus vite et plus tôt ! »

GREG LYNN, ARCHITECTE.

interview pour lemonde.fr – La réalité augmentée séduit aussi les architectes – Anne-Lise Carlo

– 25 Mai 2017

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE  
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

## 1 – Introduction :

L'architecte utilise, depuis les débuts de l'architecture, différents outils qui lui permettent de projeter ses idées sur papier. La majeure partie du temps, l'outil de prédilection restera le stylo et les instruments de tracés standards. Les temps changeants avec l'apparition du numérique et du dessin assisté par ordinateur dans les années 80, l'architecte a dû faire face à un nouveau bouleversement.

L'apparition de l'ère du numérique dans le monde du bâtiment, en particulier dans les agences d'architecture, a poussé les architectes à créer et concevoir avec un nouvel outil; l'ordinateur.

Deux générations ont alors émergés ; celle des architectes ayant la volonté d'intégrer le numérique dans leur mode de fonctionnement, et ceux qui n'ont pas accepté ce changement pour différentes raisons et qui sont restés aux méthodes «standards» de travail avec leurs avantages et leurs inconvénients.

Depuis une quinzaine d'années, un nouveau phénomène à débarqué dans le monde du numérique : La modélisation 3D, apportant toutes les nouvelles techniques et concepts qui gravitent autour d'elle..

La modélisation 3D divise encore bon nombre d'architectes, même si, avec les nouvelles technologies, il est difficile de passer outre ces outils.

Passer du dessin 2Dimensions au dessin 3Dimensions n'est pas forcément aisé pour tous. Pour les architectes travaillant depuis de nombreuses années (d'une certaine manière), il leur est souvent difficile de changer leur façon de concevoir et de dessiner. Cela demande un fort remaniement et un investissement personnel et monétaire important, chose que toutes les agences ne peuvent pas forcément se permettre.

L'arrivée de la maquette numérique 3D et du BIM (Building Information Modeling) à permis d'optimiser et de favoriser les échanges entre les différents intervenants du projet. Une bonne visualisation permet une meilleure appréhension et une compréhension optimale du projet.

Utilisé au début pour des projets de grande envergure, par des promoteurs ou des grandes agences d'architecture, ces logiciels et les différentes techniques de présentation se sont démocratisées pour devenir accessibles pour un plus grand nombre. Plus les technologies évoluent, plus le degré d'immersion est important. Actuellement, les techniques constructives poussent les architectes vers de nouvelles prouesses. Le degré de précision atteint réduit fortement la marge d'erreur admissible, ceci nécessitant une optimisation en amont de la conception. Les maquettes numériques permettent une compréhension globale et beaucoup plus rapide du projet, facilitant le dialogue entre les intervenants et la gestion de futurs problèmes.

De nouvelles techniques, mises en oeuvre grâce à la maquette numérique, ont donc vu le jour pour la visualisation appliquée dans l'architecture. Ces logiciels et applications, sont utilisés avec des supports numériques dans le but d'immerger le spectateur dans le projet et de pouvoir interagir avec celui-ci.

«Un sentiment de présence est quelque chose que seul la VR peut apporter au marché, une expérience qui vous donne un sentiment de présence vraiment fort ailleurs»

SHUHEI YOSHIDA, PRESIDENT DE SONY COMPUTER ENTERTAINMENT

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE  
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR



## 2 - Méthode de travail

### 2.1 - Contexte :

L'immobilier et donc l'architecture, sont des secteurs en profonde mutation avec l'arrivée des systèmes de réalité virtuelle et réalité augmentée. De plus en plus de logiciels d'architecture intègrent la modélisation en 3D afin de faciliter la lecture d'un projet. Actuellement, avec les nouvelles technologies, les logiciels se dotent de nouveaux outils : La RV (Réalité Virtuelle) et la RA (Réalité Augmentée).



Image 01 - Architecture VR

Pour un architecte, il est facile de converser avec ses pairs sur un projet ou sur des points techniques d'un bâtiment. En outre, pour des personnes extérieures au monde du bâtiment, la compréhension peut être plus difficile, et les gens n'appréhendent pas certains détails importants. On comprend alors l'importance de la maquette numérique et du BIM dans la conception et la présentation du projet. La RA se tourne plus vers le milieu professionnel et contient les informations utiles aux intervenants du projet. La RV, quant à elle, se tourne principalement vers les clients, elle a pour objectif la communication et une rapide compréhension du projet.

Cet engouement pour ces nouvelles méthodes de présenter un projet résulte de leurs facilités de mise en oeuvre et leurs qualités de rendu. Ces deux procédés apportent chacun leurs informations et ciblent des publics différents.

« C'est là où la réalité augmentée (AR) trouve son espace dans le secteur de la construction qui a déjà commencé à embrasser les flux de travail BIM. Les propagateurs de cette technologie affirment qu'AR est l'une des innovations clés qui créera une forte intégration entre les phases numériques et physiques de la conception et de la construction. »

LA RÉALITÉ AUGMENTÉE: LA PROCHAINE ÉTAPE LOGIQUE POUR LES ENTREPRISES BIM-READY? 21 Mai 2017 | Par Gaurang TRIVEDI - BIM+

## 2 - Méthode de travail

## 2.2 - Constats :

Une image est, pour la pluparts des personnes, beaucoup plus représentative qu'un plan. Quand le numérique n'avait pas encore pris le pas sur les tracés à la main, le moyen le plus simple de représenter le rendu d'un projet était les perspectives, les collages, tout dessins ou montages représentant le projet fini en trois dimensions. Le but étant de montrer, avec une image simple, un maximum d'informations. La projection dans l'espace n'est pas chose aisée pour les personnes n'ayant pas l'habitude d'être confrontés à la représentation spatiale, il fallait donc s'adapter et répondre à la demande pour une lecture claire mais aussi séduisante du projet.



Image 02 - Photomontage Dedler Urbach



Image 03 - Perspective Michael McKinell

Avec les maquettes, c'était l'unique moyen de représentation physique de la volumétrie du bâtiment. Comme avec la perspective, le client pouvait ainsi mieux se projeter dans sa future construction et en saisir plus clairement les différentes subtilités. Le point fort de la maquette restait quand même la possibilité de la manipuler, de tourner autour, une interaction que l'image ne proposait pas.

Le rapport à l'échelle restait quand même un peu difficile, même si cela permettait d'avoir une vision beaucoup plus précise du projet. Maintenant, on tend vers un degré accru d'exigence. Le client doit s'approprier l'espace en un coup d'oeil et de manière immédiate.

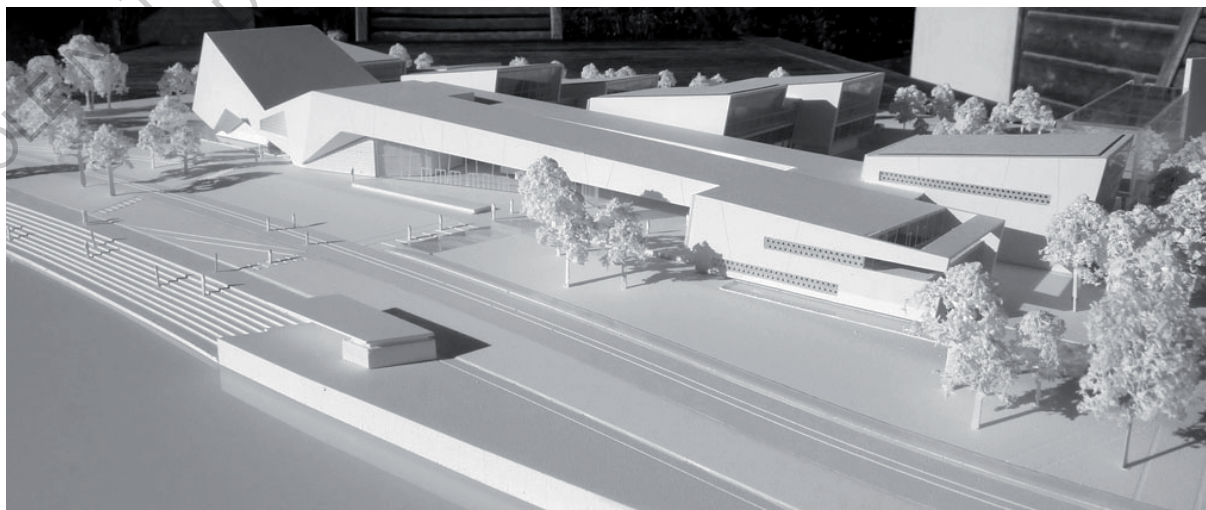


Image 04 - Maquette concours d'architecture



## 2 – Méthode de travail

Ces méthodes de travail, à la main, ont donc permis de passer d'un dessin technique en deux dimensions à une présentation graphique mêlant qualités artistiques et techniques en trois dimensions.

L'arrivée de l'informatique a permis d'optimiser la qualité de rendu ainsi que la rapidité de production des images. La demande de rendus (graphique ou maquettes) étant croissante et presque automatique sur un projet, a fait que les logiciels se sont adaptés à cette demande en liant la maquette numérique aux plans du projet.

La qualité de rendu permet d'atteindre un niveau d'image photoréaliste le plus proche du réel possible, permettant ainsi de voir l'état final du projet avant sa construction.



Image 05 – Perspective de rendu projet BPO – Rennes

Le monde du bâtiment et de la conception architecturale se voit doté d'un nouvel outil de travail et de communication aux domaines d'interventions multiples.

Les outils technologiques actuels nous permettent de lier ces différents supports de présentation. Associer la maquette numérique à un rendu photoréaliste d'un projet tout en immergeant des personnes dans un projet à l'échelle 1 est le summum de la prévisualisation. L'immersion totale du client lui permet de voir directement et de comprendre son futur projet comme si il y était.

Avec la Réalité Virtuelle et la Réalité Augmentée, nous parlerons de deux notions fondamentales : l'Immersion et l'Interaction.



Image 06 – Architecture VR

## 2 – Méthode de travail

Malgré ce fort engouement, de nombreuses entreprises sont encore réfractaires à ces nouvelles méthodes de travail. Que ce soit à cause des coûts matériels ou des formations à faire, le remaniement interne est conséquent et peut engendrer des investissements trop importants pour les petites entreprises.

Néanmoins, la Réalité Virtuelle et la Réalité Augmentée sont de plus en plus présentes autour de nous. De nombreuses entreprises utilisent et se spécialisent dans ces domaines d'interventions et d'applications.

Actuellement, un panel d'outils se développe sur le marché, proposant des environnements et supports permettant différents degrés d'immersion dans le projet.



Image 07 – Application AR

Les entreprises osant proposer ces nouvelles approches de présentation par la visualisation immersive, se voient dotés d'un fort pouvoir de communication.

L'impact de ces nouveaux outils sur la compréhension d'un projet est sans équivoque. Que ce soit pour l'architecte ou le client, cela permet d'éviter des erreurs et de conforter, ou non, des idées et engagements architecturaux.

Cela permet une optimisation du temps de travail tout en rassurant le client rapidement sur l'avancement de sa commande, comme le confirme bien l'architecte Jean-Michel Wilmotte lors de son interview au magazine du Monde :

« De plus en plus d'architectes – issus de gros cabinets, seuls capables de financer cet outil, y ont recours. « Nous vivons dans un monde d'images. Or, ces nouvelles technologies produisent des images beaucoup plus compréhensibles qu'un plan en 2D », estime Jean-Michel Wilmotte. Même s'il reste attaché aux dessins griffonnés sur papier, il reconnaît que les « supermaquettes » obtenues grâce à la réalité augmentée permettent d'avancer plus vite dans la conception. Les constructions futures pouvant désormais être « vues » in situ, par un effet « magique » jusqu'ici réservé au cinéma, l'architecte sait plus rapidement s'il est sur la bonne piste. « Cela permet aussi de faire rêver le client plus vite et plus tôt ! ». ».

LA REALITE AUGMENTEE SEDUIT AUSSI LES ARCHITECTES –M le magazine du Monde | 27.05.2017 par Anne Lise Carlo

« La réalité augmentée est beaucoup plus intéressante que la réalité virtuelle, qui n'est qu'une simple reproduction artificielle de la réalité »

Greg Lynn, architecte  
interview pour lemonde.fr - La réalité augmentée séduit aussi les architectes - Anne-Lise Carlo - 25 Mai 2017

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE  
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

## 2 - Méthode de travail

## 2.3 - Questionnements :

Les méthodes de travail sont en évolution permanente. Mon choix de sujet de mémoire se porte sur une évolution majeure de la façon de travailler dans le monde de l'architecture. Grâce au BIM, la conception du bâtiment est actuellement plus collaborative. Nous observons une forte interaction entre les phases numériques et physiques de la conception et de la construction.



Image 08 - Intérêt de la maquette pour la conception

Mon étude abordera plusieurs points. Tout d'abord, je souhaite me pencher sur la différence entre la Réalité Virtuelle RV et la Réalité Augmentée RA, ainsi que les spécificités de chacune. Comprendre en quoi ces nouveaux outils sont «révolutionnaires» et dans quelles mesures il est indispensable de les intégrer à l'architecture.

Ensuite, il me semble important de comprendre l'intégration des phases conception/construction pour améliorer la communication, la qualité et l'efficacité dans la conception et le développement du bâtiment. Nous verrons alors l'application de ces outils dans la conception et dans quelles mesures ils sont complémentaires aux principales pratiques de travail.

Pour finir, nous verrons les différentes plateformes de réalité augmentée et réalité virtuelle utilisées dans le monde de l'architecture et du bâtiment pour comprendre en quoi ces nouveaux outils sont plus didactiques, pour les acteurs du bâtiment, et séduisent un grand nombre de personnes de part leur côté ludique.

« Le risque est d'avoir des bâtiments pré-mâchés qui se ressemblent tous. Nous devons arriver à détourner ces logiciels pour trouver notre propre langage. »

Francis Soler, architecte  
interview pour lemonde.fr - La réalité augmentée séduit aussi les architectes - Anne-Lise Carlo - 25 Mai 2017

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE  
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR



## 2 - Méthode de travail

## 2.4 - Pistes de travail:

Avant de choisir ce sujet de mémoire, je me suis beaucoup interrogé sur l'arrivée et la place de la réalité virtuelle et augmentée dans le milieu de l'architecture. Que ce soit par rapport à mon expérience, mes échanges animés avec des collègues où par mes lectures, plusieurs voies de questionnements ont été soulevées. Je vais me baser sur ces différentes pistes et tenter d'apporter quelques éclaircissements.



Image 09 - La réalité augmentée un nouveau modèle de communication

En premier lieu je voudrais, grâce à ce travail de recherche, montrer le nouvel essor pris par la réalité virtuelle et augmentée dans le monde du bâtiment, ainsi que les impacts de ces nouvelles technologies au niveau social et matériel.

Suivant les demandes et exigences, différentes plateformes et outils sont proposés pour la réalité virtuelle et augmentée. Ces présentations utilisent un large panel de supports avec des niveaux d'immersion, de technique, de rendus et d'applications différents. Nous verrons comment ces supports sont utilisés dans le monde du bâtiment et de l'architecture.

L'image en 2 dimensions commence à être dépassée. La course à l'immersion virtuelle prend de l'ampleur et l'architecture se situe en première ligne dans l'utilisation de ces nouveaux outils. Jusqu'où la réalité virtuelle va-t-elle s'immiscer dans le projet ? En quoi la conception s'en voit améliorée ? La réalité virtuelle et augmentée vont-elles prendre le pas sur la conception «standard» ou reste-elle un complément de travail ?

Je vais pouvoir aborder ces différents points afin d'avoir une vision plus large de ce que sont le phénomène de réalité augmentée et de réalité virtuelle.



## 2 - Méthode de travail

Mes pistes de travail m'ont dirigé vers l'univers infini du numérique et des nouvelles technologies qui commencent à déferler sur nos poste de travail. De nombreux domaines se voient dotés d'outils basés sur l'immersion dans des mondes virtuels qui étaient, au départ, utilisés à des fins ludiques, style jeux vidéo.



Image 10 - Réalité Virtuelle.com

Tout d'abord, le fait que l'on rentre dans une nouvelle ère du numérique qui touche tout le monde et quasiment tous les milieux.

Visiter la maison de ses rêves avant qu'elle ne soit construite ? Le fait de créer un univers virtuel dans lequel les clients sont totalement immergés, les plonge directement au coeur de leur projet avec lesquels ils peuvent interagir, se promener, visiter, se projeter, insérer leur mobilier intérieur... Le côté didactique et visuel de ces systèmes touche directement le client.

Grâce à cet engouement, un nouveau marché se met en place, celui des supports numérique d'immersion virtuel. Comme dans tous les domaines, avec des niveaux de qualités et d'applications différentes. La réalité virtuelle et la réalité augmentée utilise des outils et des procédés qui ne sont pas les mêmes, adaptables aux clients, en fonction de leurs budget et de leurs souhaits.

Suivant la volonté des agences d'architecture, dans quelques années, se former, acquérir le matériel et les logiciels pour la bonne communication des projets seront incontournables. La transition vers le BIM apporte de nombreux remaniement dans la façon de travailler et ceux qui n'adhéreront pas seront en décalage par rapport aux autres.

« La réalité va lui permettre de s'extraire de la réalité physique pour changer virtuellement de temps, de lieu et (ou) de type d'interaction : interaction avec un environnement simulant la réalité ou interaction avec un monde imaginaire ou symbolique. »

Philippe Fuchs, professeur à l'école des mines de Paris.  
Les interfaces de la réalité virtuelles, 1996. Les Presses de l'Ecole des Mines de Paris, définition fonctionnelle

### 3 – Impact de la réalité immersive dans le monde du travail

#### 3.1 – Une nouvelle approche du projet :

L'homme aime, de part nature, s'échapper de la réalité quotidienne. Nous avons toujours vécu l'art en tant que spectateur, notre seul option étant de contempler les oeuvres (peinture, photos, films...). De nos jours, la réalité virtuelle et la réalité augmentée viennent bouleverser ces habitudes. Ces nouveaux outils nous proposent de passer acteur et nous offrent la possibilité d'interagir dans ces mondes virtuels.



Image 11 – Le CAVE

De base, l'architecte est amené à travailler l'image. Avec le numérique, l'arrivée de la 3D et de photoshop, les possibilités de créations et de rendus se sont vues exploser, avec l'immersion virtuelle nous passons un nouveau cap. Les premiers pas de la réalité virtuelle ont débutés avec les simulateurs de transports tels que «flight simulator» au début des années 1980. Avec l'augmentation de la puissance des ordinateurs d'aujourd'hui, il est maintenant possible de créer un monde virtuel en intégrant le principe de temps réel.

Grâce à ces nouveaux outils de rendus, le milieu du bâtiment s'est vu intégrer ces nouvelles technologies à leurs logiciels. Ces différents rendus intègrent, en général, une maquette numérique existante issue du BIM ou une maquette numérique dite «morte» (maquette virtuelle en trois dimensions ne contenant aucune donnée numérique) qui servira uniquement de rendu avec une interaction limitée.

Un nouveau mode de travail mais aussi un nouveau mode d'expérimentation. Le travail en immersion permet d'évoluer dans un univers artificiel dans lequel on peut interagir, observer et se former. Le principe de «phénoménologie architecturale» exploite la perception et lui donne une importance fondamentale pour concevoir le projet et remanie le rapport de l'homme au monde. Grâce à l'univers digital, nous avons la possibilité de modifier le temps et l'espace.

Le fait de travailler par la perception, que ce soit avec la réalité augmentée ou la réalité virtuelle, permet non seulement d'avoir un ressenti direct de ce qui est créé mais aussi de se libérer des contraintes du dessin en 2D.

### 3 – Impact de la réalité immersive dans le monde du travail

Ces outils poussent le concepteur à travailler différemment. La volumétrie se fait en même temps que le dessin en deux dimensions et le bâtiment sort du sol en trois dimensions. La 3D fait alors partie intégrante du projet dès la conception, à contrario avec les méthodes dites «classique» où la volumétrie apparaissait (dès fois) en fin de projet. Le fait de voir le bâtiment modélisé en temps réel, permet une vision beaucoup plus réaliste du projet et d'avoir une bien meilleure représentation des espaces créés.

L'architecte peut ainsi se rendre compte beaucoup plus rapidement des possibles problèmes liés à la conception. Ces méthodes de travail utilisent différents supports numériques de type ordinateur (classique), ou alors de type immersif (casque de réalité virtuelle, lunettes de réalité augmentée, grotte RV et RA...).

L'apparition de l'EVC (Environnement Virtuel Collaboratif) favorise la collaboration entre les entreprises mais demande souvent un remaniement de la façon de travailler. Les différents logiciels, les données intégrées dans les documents et une bonne connaissance du BIM permettent une optimisation du temps de travail, notamment pour les échanges et pour éviter les erreurs entre corps d'états.

Un des changements majeurs reste la présentation de projet. Depuis quelques années de nombreux logiciels de rendu arrivent sur le marché. Les logiciels étaient, à la base, conçus pour générer des images et des vidéos de synthèse. Les projets étaient souvent présentés en vidéo pour avoir une meilleure compréhension du bâtiment. Cependant, les prix des logiciels étaient difficilement abordables et la demande d'un matériel informatique très puissant limitait beaucoup les petites structures qui restaient avec des rendus graphiques simples. De plus, la génération de ces vidéos et des images était très chronophage, dans certaines agences un poste de travail servait uniquement pour les rendus.

Actuellement, grâce aux avancées technologiques, les moteurs graphiques des logiciels sont beaucoup plus performants, demandent des performances moins élevées et génèrent des rendus réalistes beaucoup plus rapidement.

Ces évolutions technologiques ont donc permis la mise en application des rendus par immersion. Ces visites virtuelles proposent aux clients de les «immerger» dans un monde virtuel créé autour de leur projet. Les sens (sonore et visuel) sont directement sollicités dans un univers numérique où le client peut visiter son futur projet à l'échelle 1. Passer des plans en deux dimensions à une immersion virtuelle est comme un nouveau langage qui est compris et accessible à tous mais qui est laborieux à mettre en place.

« Cette technologie gagne tellement en précision que vous pourrez agir comme un magicien. Vous serez capable de changer le monde autour de vous à la manière d'un dieu. »

Olivier Demangel, directeur artistique chez IVR Nation

«On peut très bien imaginer dans quelques années faire la commande de notre future maison et de pouvoir admirer son résultat en réalité virtuelle comme si on y était. La possibilité de consulter un catalogue de bâtisses avec son casque sera sûrement permise aussi.»

Olivier Demangel, directeur artistique chez IVR Nation, Interviewé par Dezeen.

### 3 – Impact de la réalité immersive dans le monde du travail

## 3.2 – La Réalité Virtuelle :

### 3.2.1 – Présentation de la Réalité Virtuelle :

Il faut tout d'abord bien comprendre en quoi consiste la réalité virtuelle. La définition donnée par le site Futura Tech, dans son article Réalité Virtuelle, nous explique simplement en quoi consiste cette technologie.

«La réalité virtuelle (en anglais, virtual reality ou VR) est une technologie qui permet de plonger une personne dans un monde artificiel créé numériquement. Elle ne doit pas être confondue avec la réalité augmentée.

Il peut s'agir d'une reproduction du monde réel ou bien d'un univers totalement imaginaire. L'expérience est à la fois visuelle, auditive et, dans certains cas, haptique avec la production d'un retour d'effets. Lorsque la personne est équipée des interfaces adéquates, comme des gants ou des vêtements, elle peut alors éprouver certaines sensations liées au toucher ou à certaines actions (coup, impact...).».



image 12 – équipement VR

Depuis quelques années, la réalité virtuelle connaît un véritable essor dans le monde de l'architecture. Tournée à ses débuts vers le monde du jeu vidéo, la réalité virtuelle a été adoptée dans de nombreux milieux professionnels.

En général, la RV est utilisée pour générer des environnements virtuels dans lequel la personne peut évoluer et interagir avec son environnement. La création et le travail sur maquette numérique est souvent mis en place, c'est une des nouvelles façons de travailler avec la RV.



3 – Impact de la réalité immersive dans le monde du travail

«Deux mots sont la clef de voûte de la réalité virtuelle : l’immersion et l’interaction »

Philippe Fuchs, Le traité de la réalité virtuelle vol4-p.33 (2006)

L’immersion plonge la personne dans un univers fait sur mesure et développé pour son activité, on traverse l’image pour passer de spectateur à acteur. L’intérêt c’est que le «visiteur» évolue dans un monde à l’échelle 1 qui reproduit le plus fidèlement possible l’environnement de travail. Pour être en immersion, plusieurs types de plateformes sont utilisés pour différents types de rendus et d’applications.

Le moyen le plus connu et le plus démocratisé est la casque de réalité virtuelle. De nombreuses marques se sont engouffrées dans la brèche et proposent, chacune, des casques de RV. Ces casques, sur le marché depuis peu, restent assez onéreux mais proposent une immersion et un rendu de qualité. Plus simplement, il est aussi possible de posséder des applications de RV sur smartphone ou tablette. Le degré d’immersion est un peu moindre mais accessible à tous.

«Cette immersion se fait au moyen d’un casque de réalité virtuelle qui place un système d’affichage 3D stéréoscopique sur le nez, devant les yeux. Certains modèles sont équipés de capteurs qui détectent les mouvements de la tête pour permettre à l’utilisateur de regarder autour de lui. Les images sont alors recalculées en temps réel pour se synchroniser avec la direction du regard»

Site : Futura Tech – Réalité Virtuelle

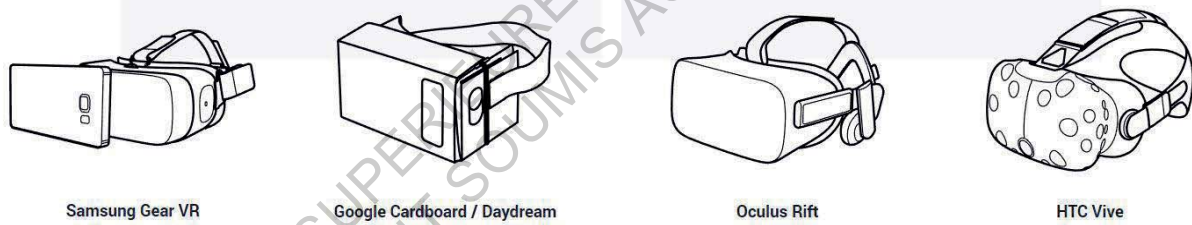


image 12 – équipement casques VR

Dans de nombreux domaines, l’interaction des programmes de RV consiste à manipuler et transformer les maquettes numériques à l’aide de poignées ou manette reliées au casque. Par exemple, une «visite» virtuelle de projet se fera avec une interaction en temps réel et se limitera à des actions mécanique simple (ouvrir des portes, allumer la lumière...). En outre, les rendus ont fortement évolué et proposent maintenant de grandes qualités de finitions et de détails.



Image 13 – Casque occulus plus poignées



Image 14 – VR in architecture

3 – Impact de la réalité immersive dans le monde du travail

Autre système de plateforme VR, le «CAVE Automatic Virtual Environment», ou cube immersif 3D ou encore voute immersive. De nos jours, c'est le système qui propose l'immersion la plus importante qui soit. De par son coût important et de la place qu'il prend, il est moins connue du grand public et est plutôt réservé au milieu de l'industrie.

Son système utilise plusieurs caméras qui projettent des images 3d dans une pièce constituée de 2, 3, 4, ou 5 murs. Des lunettes 3D du même type que celles portées au cinéma sont utilisées pour cette technologie.

«Le système de projection est de très haute résolution du fait de la faible distance de projection. L'utilisateur, qui se place au centre du CAVE, est ainsi totalement immergé dans le monde virtuel projeté sur les murs et le sol de la pièce. La technologie permet à l'utilisateur de voir des objets ou des personnages en 3D et flottant dans l'air et peut même se déplacer autour comme s'il s'agissait d'objets physiques. Le son n'est, évidemment pas non plus oublié, puisque des haut-parleurs, typiquement installés dans les angles, permettent de reproduire une ambiance sonore, là aussi en 3D.»

Site : Futura Tech – Réalité Virtuelle

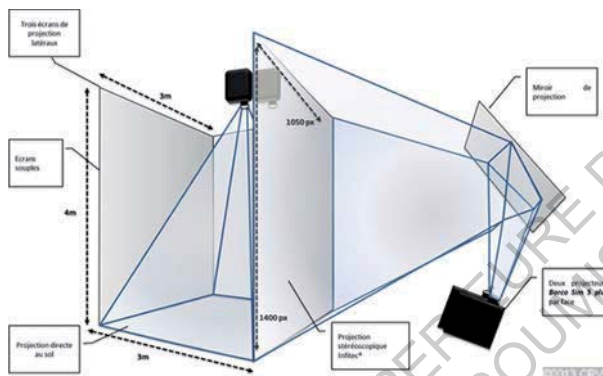


image 15 – Le CAVE principe

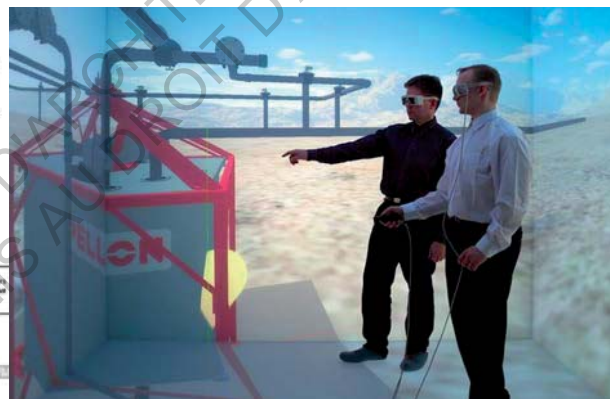


image 16 – Le CAVE

Ce système propose une immersion totale, beaucoup plus importante que le casque VR grâce à une couverture du champ de vision à 360 degrés et une bien meilleure interaction. Le fait de voir entièrement son corps est aussi beaucoup moins perturbant que de porter un casque VR.

Le CAVE reste plus porté sur la formation professionnelle. Cet outil permet de supprimer les coûts matériels engagés sur le site pour la formation ainsi que les potentiels risques dûs aux accidents professionnels.



image 17 – Le CAVE – Utilisations



image 18 – Le CAVE – Utilisations



### 3 – Impact de la réalité immersive dans le monde du travail

Initialement, les programmes architecturaux et environnements en réalité virtuelle étaient développés à l'aide de puissantes plateformes de développement. La démocratisation de la RV a permis d'intégrer, aux logiciels de construction, les moteurs 3D utilisés par les développeurs de jeux vidéo. Ces moteurs graphiques ont des exigences de performances moins importantes que ceux utilisés normalement par les logiciels de rendus architecturaux et propose une alternative à un coût moins élevé.

«Autodesk Stingray est un moteur de jeu relativement récent développé à partir du moteur BitSquid, acquis par Autodesk en 2014. Directement lié à Autodesk 3ds Max, le logiciel conviendra donc aux spécialistes de la visualisation de design habitués à la modélisation 3D, et aux logiciels de rendering et d'animation. Autodesk explore également différentes façons de rendre la technologie plus accessible aux architectes et autres utilisateurs avec Revit.

Parmi les autres moteurs de jeu populaires, on compte Crytech et Unity, déjà très présents dans le secteur de l'architecture. Unity est également utilisé pour de nombreux projets d'architecture. La startup new-yorkaise IrisVR s'en est notamment servie pour adapter le moteur à son outil logiciel Prospect permettant aux architectes d'utiliser SketchUp, Revit et d'autres modèles BIM dans un environnement VR.»

Réalité-Virtuelle.com – Architecture VR – Comment la réalité virtuelle transforme l'architecture

La possibilité de rendus panoramiques en RV est aussi proposée dans ces logiciels. La génération d'une image sphérique fixe (assemblage de plusieurs images pour créer la sphère), avec l'aide de la stéréoscopie, permet d'avoir un rendu à 360 degrés. Le spectateur reste sur un point fixe mais a la possibilité de regarder partout autour de lui. Les panoramas gardent néanmoins la notion de profondeur et permettent d'avoir une vision réaliste de ce que le spectateur voit. L'intérêt de ce système de présentation, c'est qu'il utilise de simples images superposées, contrairement aux rendus en RV qui génèrent un univers virtuel dans lequel on se déplace.



Image 19 – panorama 360 en RV

«La réalité virtuelle a également de nombreuses autres applications : formation avec des simulateurs, traitement de phobies, simulation d'actes chirurgicaux, architecture, archéologie avec la reconstitution de sites, visites virtuelles de musées, etc.»

Site : Futura Tech - Réalité Virtuelle

## 3 – Impact de la réalité immersive dans le monde du travail

## 3.2.2 – Domaines d'applications :

Outre le côté loisir et ludique que procure la VR, de nombreux domaines l'utilisent pour former et enseigner. Que ce soit dans le domaine médical, géologique, manufacturier, archéologique, automobile, artistique ou architecturale, la RV a su s'adapter et a réussi à proposer de nouveaux outils et des nouvelles méthodes de travaux et d'apprentissage. L'homme est, de base, attiré par l'aspect visuel des choses. Le VR et la RA proposent cet aspect-là en l'associant au numérique, ce qui le rend tout de suite plus ludique et l'apprentissage s'en voit amélioré.

«Toute matière pédagogique actuellement communiquée via un écran (télévision, en ligne...) pourrait être communiquée de façon plus riche avec les réalités virtuelle et augmentée. Ces nouvelles technologies nous permettent une expérience 3D qui est stéréoscopique (chaque oeil voit une image différente) et qui répond correctement aux mouvements de notre tête (nous donnant accès à différents points de vue en simplement déplaçant notre corps). De plus, la réalité virtuelle peut nous immerger dans un monde 3D. Ces technologies sont aussi interactives et peuvent être multi-utilisateurs.

Pensez donc à des reconstitutions d'événements historiques, des visites de forêts tropicales, observations de baleines sous la mer, simulations physiques de l'intérieur des atomes jusqu'aux galaxies complètes, modélisation architecturale, comprendre le fonctionnement d'un moteur d'automobile, prendre un cours sur l'anatomie humaine, etc.»

Michael McGuffin – Le potentiel pédagogique de la réalité virtuelle – 16 Décembre 2016

Site : Quartier de l'innovation

Les domaines d'interventions sont nombreux, avec des potentiels aussi riches que variés. La formation sur maquettes numérique est très importante. Par exemple, dans le milieu médical, ou l'on s'entraîne à l'aide d'un casque VR sur des patients virtuels dans un univers numérique.

La façon de concevoir en est aussi fortement modifiée, que ce soit dans l'univers automobile, ou architectural (pour ne citer qu'eux) le dessin se fait à l'agence à l'aide de casque ou à l'aide d'un CAVE avec une immersion totale.

Le milieu de la vente a aussi intégré la RV et la RA au centre de la communication. Le fait de pouvoir visualiser, chez soi, le futur mobilier et de pouvoir contrôler et choisir ses caractéristique permet au client une interaction directe avec le produit et le magasin. Les gens sont confortés dans leur choix. C'est un gain de temps et cela permet une optimisation de la fabrication.



Image 20 – médecine



Image 21 – application RV



Image 22 – Simulateur RV

## 3 – Impact de la réalité immersive dans le monde du travail

Une expérience, menée par le laboratoire Daydreams Lab (Laboratoire de Google dédié à la réalité virtuelle), a mis en situation deux groupes de personnes en formation sur une machine à café. L'un s'est formé en suivant des vidéos youtube et le second groupe a utilisé la réalité virtuelle.

«Libres de pratiquer aussi longtemps qu'ils le souhaitent avant de passer sur une vraie machine à café, le premier groupe qui se formait en regardant des vidéos sur YouTube a généralement regardé 3 fois la vidéo d'apprentissage. Le second groupe qui pratiquait en réalité virtuelle en se basant sur un tutoriel n'a, en moyenne, pratiqué qu'à deux reprises en VR. Au final, non seulement ceux qui ont suivi l'apprentissage en VR l'ont appris plus rapidement, mais ont aussi commis nettement moins d'erreurs que ceux ayant suivi la formation en vidéo. Ils ont aussi été plus rapides à réaliser un expresso.»

«Même si les résultats de cette expérience d'apprentissage en réalité virtuelle comparés à une formation classique semblent concluants, les équipes du laboratoire Daydream Labs ont relevé certaines limites à la formation en réalité virtuelle. Tout d'abord, le choix de la machine à café ne s'est finalement pas révélé aussi pertinent que prévu. En effet, impossible de reproduire certaines sensations haptiques comme par exemple le bourrage du café. Impossible aussi de reproduire la chaleur émanant de la buse de vapeur chaude ce qui pouvait poser des problèmes de sécurité lors du test en réel.»

«Finalement, les équipes de Daydream Labs ont conclu que les gens ont tendance à ne pas suivre les instructions mais à agir de manière intuitive et spontanée. Ils estiment que l'apprentissage en VR doit être le plus proche de la réalité mais concluent toutefois que l'expérience a été un succès et prouve l'apport important de la réalité virtuelle dans l'apprentissage.»

Google prouve que l'apprentissage en réalité virtuelle est plus rapide et efficace - 24 Juillet 2017

Pierrick LABBE - Site : Réalité-Virtuelle.com

La réalité virtuelle pourrait changer notre façon d'apprendre. L'homme possède cinq sens, et n'en utilise généralement qu'un seul pour apprendre, la vue. Plus ils sont sollicités, plus la personne va être apte à recevoir l'information. La RV met en exerce plusieurs de ces sens; la vue, l'ouïe et le toucher, et favorise l'apprentissage.

Depuis quelques temps, de nombreuses écoles et entreprises se voient changer leur méthodes de formation et d'apprentissage en intégrant la RV.



Image 23 – RV Education

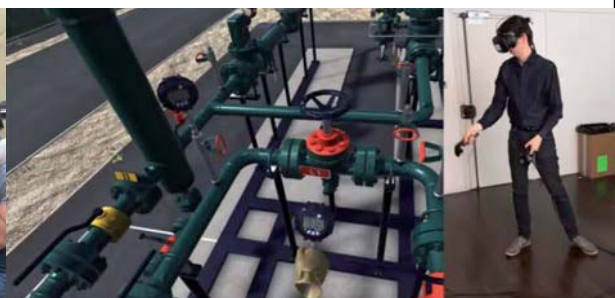


Image 24 – RV dans la formation



« De l'évaluation des possibilités de design à la présentation au client, en passant par la correction des erreurs et la planification de la construction, la réalité virtuelle peut jouer un rôle à toutes les étapes de l'architecture. Même pendant l'étape conceptuelle, la VR permet d'explorer efficacement les relations entre les espaces : l'impact de la lumière pendant les différentes périodes de la journée, la vue depuis l'étage supérieur... il s'agit de la seule technologie permettant de réellement visualiser un bâtiment de l'intérieur. »

Réalité-Virtuelle.com -  
Architecture VR - Comment la réalité virtuelle transforme l'architecture - Bastien.L - 19 Juin 2017

## 3 – Impact de la réalité immersive dans le monde du travail

## 3.2.3 – Impacts :

La réalité virtuelle est donc un des nouveaux outils phare de ces dernières années. La RV a permis de développer l'apprentissage, la formation et la communication à un niveau jamais atteint à ce jour. Nous nous situons certainement qu'à ses débuts mais les prouesses mises en avant parlent d'elles-mêmes.

Pour la communication, une optimisation et un ciblage beaucoup plus précis des exigences des clients a pu être mis en place. La possibilité de pouvoir visualiser, de chez soi, son futur mobilier et d'en changer les caractéristiques pour enfin le commander plonge le client directement dans un rôle d'acteur. De plus, cela permet d'optimiser le temps de travail pour les employés et de limiter les erreurs de commande. Par exemple, IKEA se lance dans la conception de mobilier en VR à faire depuis chez soi. Certaines applications proposent des visites virtuelles de maisons à vendre, ainsi plus besoins de se déplacer et de prendre de rendez-vous. De plus, la visite étant en immersion, on a une présentation réaliste de la volumétrie et des biens à vendre.

Ces nouvelles façons de communiquer touchent directement les clients en les intégrant au projet. La participation de plusieurs «acteurs» dans ces univers numériques permet un meilleur échange entre eux et optimise leurs choix.

« La capacité des concepteurs à communiquer le travail aux clients via le support de la réalité virtuelle a toujours connu une popularité en raison de sa capacité à laisser les gens expérimenter un design plutôt que simplement de le visualiser. »

Bim+ - La réalité augmentée : La prochaine étape logique pour les entreprise BIM-Ready ?  
21 Mai 2017 - Par Gaurang Trivedi



Image 25 - IKEA's new app

Image 26 - Visite RV Maison

Il en va de même avec l'éducation et la formation. La RV permet d'expérimenter sans risque dans des univers virtuels. L'immersion capte directement les sens du porteur de casque, le côté didactique du programme virtuel lui permet d'expérimenter sans risques de nombreuses choses. De plus, l'homme va être beaucoup plus réceptif à cette nouvelle façon d'apprendre. Passer d'une version théorique sur papier ou vidéo, à une immersion dans un univers virtuel fait sur mesure est une vraie révolution.

Le fait de pouvoir passer de la théorie à la pratique grâce à la RV sans engager de frais matériels ou de besoins humains (par exemple: patients médicaux), est une vraie avancée et une optimisation à bien des niveaux (coûts matériels, concentration accrue, suppression des risques...).

« Nous vivons dans un monde d'images. Or, ces nouvelles technologies produisent des images beaucoup plus compréhensibles qu'un plan en 2D »,

Jean-Michel Wilmotte, architecte - M Le magazine du Monde

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE  
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

## 3 – Impact de la réalité immersive dans le monde du travail

## 3.2.4 – La Réalité Virtuelle et l'architecture :

« Selon une enquête de CGarchitect, c'est en Europe qu'on se sert le plus de la réalité virtuelle pour la visualisation architecturale (40 % des personnes interrogées), ainsi qu'aux États-Unis (21 %). Certains participants estiment que la technologie va révolutionner le secteur. Près de 70 % d'entre eux font appel à des appareils de réalité virtuelle, augmentée ou mélangée, ou prévoient de le faire à partir de 2017, et 77 % disent tester cette technologie ou prévoient de le faire.»

VR in architecture – oculus rift – Redshift

L'arrivée de la technologie RV, associée à la maquette numérique et au BIM, a permis au monde de l'architecture de franchir une nouvelle grande étape dans sa méthode de travail ainsi que dans sa façon de concevoir, de présenter et de communiquer.

L'architecte peut utiliser la réalité virtuelle à n'importe quel moment de la création d'un projet. Que ce soit pour les premières esquisses, ou pendant la finalisation du projet, il peut s'immerger dans celui-ci pour voir en détail et à l'échelle 1 le bâtiment. Il a une approche différente et se rend directement compte de l'impact de ses décisions. La réalité Virtuelle favorise un nouveau concept, la «phénoménologie architecturale», c'est le fait de travailler la volumétrie et la spatialité en faisant appel à la perception de l'architecte. Pendant la conception, on oublie la règle et l'équerre pour laisser place à la perception et au ressenti.

A contrario de la RV utilisée pour une présentation finale, l'architecte n'a besoin que d'un niveau de représentation assez faible. Il a besoin de voir et de comprendre la volumétrie et les relations spatiales du projet sans avoir besoin de détailler le reste.

Le photoréalisme, ou hyperréalisme, demandant un temps de travail et de calcul beaucoup plus long, est utilisé pour les présentations et rendus finaux. On se rapproche un peu plus du côté ludique des jeux vidéo. Des rendus avec une haute définition de texture, avec des décors et un univers conçu autour du projet. Il y a souvent l'intégration des ombres, du soleil, de la météo, de personnages, d'animaux, de végétation, de véhicules, ainsi que les sons, tout ce qu'il faut pour rendre l'immersion vivante et réaliste. Le client peut ainsi exprimer mieux et plus tôt ses exigences. Les dialogues sont plus fluides, grâce à la clarté de présentation du projet, et les zones d'ombres ou questionnements s'en voient réduits.

« Cette combinaison permettra aux architectes et aux clients de bien saisir les qualités spatiales de leur projet. Grâce à cette compréhension de l'espace, les clients devraient avoir une plus grande confiance dans la forme de leur projet, et le temps que l'on consacre aux réunions et aux révisions dues à la coordination des différences études de projet devrait se réduire»

Kim Baumann Larsen, architecte et conseillère en RV pour The Future Group  
Redshift – VR in architecture: 4 astuces pour débuter



Image 27 – La RV et l'architecture



Image 28 – ENSA Clermont-Ferrand

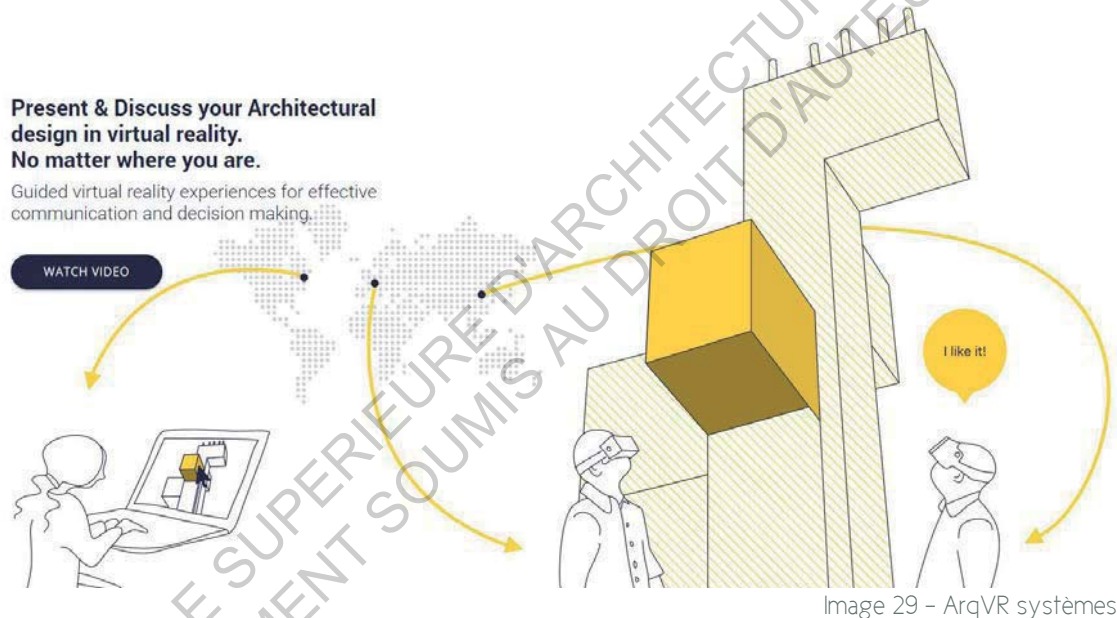


## 3 – Impact de la réalité immersive dans le monde du travail

La standardisation des smartphones a permis aux applications de réalité virtuelle d'être accessibles à tous. Un des points forts de ces différentes applications, c'est qu'elles peuvent être consultées n'importe où, n'importe quand, par n'importe qui. Souvent payantes pour les professionnels, ces applications sont gratuites dès lors que vous utilisez un seul et même fichier dessus. Par exemple, l'architecte qui conçoit votre maison génère un fichier en VR, et vous le montre à l'agence avec son matériel. Vous pouvez récupérer le fichier et télécharger l'application sur votre tablette ou smartphone afin d'avoir votre projet sur vous et en faire profiter vos proches.

Avec simplement un casque en carton ou un support plus évolué, vous possédez votre maison virtuelle dans votre poche. De plus en plus utilisé par les architectes, cela apporte à l'agence un fort moyen de communication et de présentation.

La possibilité de travailler en commun est possible. Certains logiciels, comme ArqVR, proposent le principe de «téléspectateurs multiples». Des personnes, où qu'elles soient, peuvent expérimenter ensemble le même design en temps réel. La possibilité d'interaction à distance et à plusieurs, apporte une autre dimension à la réunion.



De nombreux logiciels d'architecture intègrent la réalité virtuelle dans leur programme tel qu'Autodesk et un grand choix d'application de RV sont aussi disponibles sur le net. Cela ne fait que quelques années que le phénomène est en marche mais il fait déjà partie prenante de l'architecture. Petit à petit les agences intègrent cet outil à leurs méthodes de travail et deviennent acteurs du mouvement RV.

« Procurez-vous un système fonctionnant sur PC comme le Vive d'HTC ou le Rift d'Oculus et explorez vos projets à partir de programmes de modélisation numérique, testez la réalité virtuelle sur des appareils portables en utilisant du carton et Gear VR ou Google pour présenter vos projets à vos clients et à vos collaborateurs. Le plus important, c'est d'expérimenter. »

Kim Baumann Larsen, architecte et conseillère en RV pour The Future Group  
Redshift – VR in architecture: 4 astuces pour débiter

«Les définitions varient, mais de façon générale, la réalité virtuelle remplace complètement le monde visible autour de nous avec des images synthétiques affichées devant les yeux. La réalité augmentée, par contre, laisse visible une grosse partie du monde physique, tout en rajoutant des éléments virtuels par-dessus le monde physique. Les deux peuvent se faire avec des casques, et la réalité augmentée peut se faire aussi avec un simple téléphone intelligent.»

Michael McGuffin - Le potentiel pédagogique de la réalité virtuelle - 16 décembre 2016  
Site : Quartier de l'innovation

## 3 – Impact de la réalité immersive dans le monde du travail

## 3.3 – La Réalité Augmentée :

## 3.3.1 – Présentation de la Réalité Augmentée :

Autre outils virtuel, cousine de la RV mais cette fois ci en semi-immersion, la réalité augmentée. Avec sa première apparition conceptuelle en 1962 et des balbutiements au début des années 1980, la RA fonctionne par chevauchement de données. Le monde virtuel et le monde réel s'entremêlent pour fournir de nombreuses informations sur l'environnement.

Dans de nombreux films nous avons pu observer la réalité augmentée effective, nous plongeant dans un monde futuriste ou tout n'était qu'interactions et aux possibilités infinies. Depuis quelques années, nous avons mis pied dans ce monde futuriste.

Avec un niveau d'immersion moins important, la RA arrive comme un «super pouvoir», un outil qui nous permet de détailler tout ce qui nous entoure. Grâce au matériel (type Google Glass ou casques RA), tout devient source de savoir et d'infini.

Tout comme la réalité virtuelle, la réalité augmentée intervient dans de nombreux domaines. Elle facilite la qualité vie en améliorant l'interaction entre les gens et les objets.



Image 30 – Réalité Augmentée – Iron Man

Le site FuturaTech, dans son article «Réalité Augmentée», apporte une bonne explication du sujet.

«La réalité augmentée désigne une interface virtuelle, en 2D ou en 3D, qui vient enrichir la réalité en y superposant des informations complémentaires.

La technologie fonctionne par l'intermédiaire d'un terminal qui filme le monde réel et y incruste en direct des objets virtuels, animations, textes, données, sons que l'utilisateur visionne à partir de l'écran. Il peut s'agir d'un smartphone, d'une tablette tactile, d'une paire de lunettes, d'un casque ou d'un système d'affichage tête haute.

La synchronisation du monde réel et des informations virtuelles se fait à partir de la géolocalisation et des capteurs embarqués (accéléromètre, gyroscopes...) qui situent l'utilisateur par rapport à son environnement et adaptent l'affichage à ses mouvements.»

## 3 – Impact de la réalité immersive dans le monde du travail

L'univers de la réalité augmentée est, depuis quelques années, en pleine effervescence. Des entreprises hightech ont pris le phénomène en marche et apportent leurs lots d'innovations et d'applications à la RA. L'objectif étant d'introduire le virtuel dans nos vie via des lunettes ou casques spéciaux, à l'aide d'objets connectés en permanence, apportant des informations en temps réel.

La RA fonctionne différemment, bien que le mode d'utilisation reste sensiblement le même que la RV, et à une utilisation plus spécifique et technique dans le monde virtuel.



Image 31 – Technicien 4.0 © Thyssen Krupp

«AR n'exige pas le même niveau d'immersion et offre plutôt l'accès à l'information numérique superposée à une vue du monde réel.»

Réalité-Virtuelle.com

Architecture VR – Comment la réalité virtuelle transforme l'architecture – 19 Juin 2017

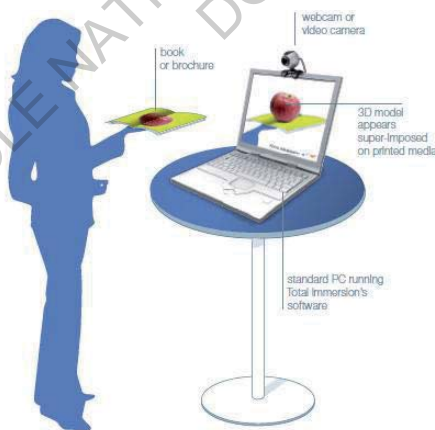


Image 32 – Présentation RA

Cette technologie fonctionne en trois temps :

- Tout d'abord il faut un outil de capture type webcam, caméra de lunettes RA ou encore un smartphone.
- Ensuite un logiciel (moteur de réalité augmentée) analyse, traite l'image et calcule en temps réel le positionnement du spectateur par rapport à un objet. Consécutivement, le logiciel va intégrer et superposer des images virtuelles qui vont réagir avec l'environnement réel que voit la personne.
- Pour finir, il faut un support pour diffuser l'image (ordinateur, lunettes RA ou smartphone).

## 3 - Impact de la réalité immersive dans le monde du travail

Un panel de lunettes et de casques sont sur le marché. En voici quelques-uns.



«Voilà un casque de réalité augmentée qui vise un public très ciblé : les ouvriers sur les chantiers. Avec ce casque qui assure la sécurité des employés comme le ferait un casque classique, il est également équipé d'une visière avec des capteurs et des outils en tout genre pour opérer en réalité augmentée et offrir aux utilisateurs des informations pour les aider dans leur travail.»

«CastAR ou la réalité augmentée sur un plateau. Ces lunettes sont fournies avec un plateau servant de support pour lire les informations en réalité augmentée qui sont diffusées sous forme d'hologrammes au-dessus du plateau. Idéal pour une réunion d'entreprise ou pour jouer à des jeux de plateaux virtuels.»



«!...le casque du géant américain se veut comme étant multi-usage : gamers, professionnels, designers... Tous les publics semblent visés sans distinction et bien que la technologie soit encore récente et que relativement peu d'informations circulent autour du casque, il semble avoir fait ses preuves et devrait trouver des acheteurs, malgré son prix élevé. Sans doute dans le secteur professionnel.»

Source: Réalité-Virtuelle.com - Guide et comparatif des lunettes de réalité augmentée

L'intérêt de la RA, c'est que nous pouvons la posséder dans notre poche. Comme pour la réalité virtuelle, il n'est pas forcément nécessaire d'utiliser ces casques ou lunettes pour profiter de cette technologie. Pour une utilisation plus simple ou plus ludique l'utilisation d'un smartphone, d'une tablette ou d'un ordinateur est possible. C'est aussi grâce à sa maniabilité que l'utilisation de la réalité augmentée est aussi populaire.

L'utilisation de la réalité virtuelle permet de rendre accessible une quantité quasiment infinie de connaissances. Comme pour la réalité virtuelle, les secteurs utilisant la RA se voient dotés d'un outils d'apprentissage et de communication jusqu'alors jamais égalés. La géolocalisation permet utilisation de la RA en temps réel et multiplie les utilités.

Outre le fait de faciliter la vie des utilisateurs, c'est aussi un puissant outil didactique.

« C'est là où la réalité augmentée (AR) trouve son espace dans le secteur de la construction qui a déjà commencé à embrasser les flux de travail BIM. Les propagateurs de cette technologie affirment qu'AR est l'une des innovations clés qui créera une forte intégration entre les phases numériques et physiques de la conception et de la construction. »

Gaurang Trivedi - La Réalité Augmentée: La prochaine étape logique pour les entreprises bim-ready - 21 Mai 2017  
Site : Bim+



## 3 – Impact de la réalité immersive dans le monde du travail

## 3.3.2 – Domaines d'applications :

Grâce à cette technologie, nous pouvons passer d'un monde réel, à un univers virtuel en un instant. Les connaissances et informations seront disponibles universellement et immédiatement. Les domaines d'applications sont nombreux et variés.

Un des premiers champ d'action est sûrement le marketing. Actuellement, un nombre croissant de marque fait appel à cette technologie. La possibilité de mettre en scène un produit et de faire interagir les clients est une véritable mise en avant pour l'enseigne (par exemple; faire un essayage de lunettes devant son ordinateur). Divers moyens existent, par exemple, en scanant un code barre, par reconnaissance faciale (face tracking), ou encore par géolocalisation. C'est un vrai pouvoir, ça apporte un côté ludique à la marque et atteint souvent une population plus jeune.



Image 33 - Application réalité augmentée



Image 34 - Face Tracking

Autre domaine d'application notable, celui de la culture. Les musées, les lieux touristiques, se voient dotés d'outils immersifs. Devant une oeuvre d'exposition, un lieu, le visiteur peut interagir directement avec son environnement et appréhender des informations détaillées sur les lieux ou oeuvres qu'ils découvrent. En général, l'utilisation d'un smartphone ou d'une tablette sont requis pour ces visites. Ainsi, par système de scanage (de code ou d'image), par géoposition, ou par reconnaissance d'image, vous avez accès aux informations utiles à la compréhension.



Image 35 - Franceinfo - La réalité augmentée au service de l'histoire



Image 36 - El dado del arte - Leo caillard y el futuro de los museos

## 3 – Impact de la réalité immersive dans le monde du travail

Depuis peu de temps la réalité augmentée s'invite dans les salles de classe, l'éducation est un des secteurs le plus porteur.

Le fait de concrétiser virtuellement des notions abstraites, ou trop théorique, par un moyen ludique et didactique permet aux élèves une plus grande motivation ainsi qu'un intérêt accru pour l'enseignement. Les élèves se sentent acteurs, dans un environnement dynamique et interactif, dans lequel ils peuvent expérimenter, apprendre en se divertissant.

«La réalité augmentée permet non seulement d'intégrer un volet ludique à l'apprentissage, mais elle offre un énorme intérêt pédagogique : manipulation d'objets, représentation dans l'espace, visualisation anatomique, simulation d'interactions et de réactions chimiques, utilisation de la mémoire visuelle et gestuelle, etc... , les possibilités sont vastes. »

Edupronet

Réalité augmentée et éducation – Par Karim Elouardani – 27 novembre 2015



Image 37 – Réalité augmentée et éducation

En passant par l'industrie, la cuisine, le commerce, les réseaux sociaux, les jeux vidéo, la médecine, la mode, la presse, même dans la politique, un grand nombre de domaines ont intégrés la réalité augmentée dans leur fonctionnement. Les applications et interactions sont différentes mais proposent toutes de faciliter la vie de l'utilisateur à travers de nombreuses applications. L'idée étant de rendre accessible un maximum d'informations et de connaissances au plus grand nombre, tout en réduisant les coûts matériel et les risques (dégradations, blessures...) liés à la manipulation.



Image 38 – Aménagement en RA



Image 39 – Formation médicale RA



## 3 - Impact de la réalité immersive dans le monde du travail

Les secteurs les plus demandeurs et les plus impactés par la RA reste le secteur de la formation et le secteur professionnel.

Les formations sont difficiles, les moyens donnés aux formateurs et les investissements matériels ne sont souvent pas à l'image de ce qu'ils devraient être. De plus, l'apprentissage par le biais de pédagogie dite «frontale» ou abstraite, ne facilite pas l'insertion dans la vie professionnelle.

Grâce aux avancées technologiques, il est maintenant beaucoup plus intéressant d'intégrer la RA aux formations. La possibilité d'expérimenter et d'apprendre, avec une technologie qui intègre les contraintes et les techniques auxquelles la personne formée sera confrontée, permet d'optimiser l'apprentissage. Les coûts matériels s'en voient fortement réduit, par rapport à de vraies maquettes ou modèles 3D. De plus la possibilité de se former dans un environnement réaliste, en toute sécurité, permet de conforter les personnes par rapport aux éventuels dangers encourus en situation réelle.



Image 40 - Réalité augmentée et éducation

La maintenance sera fortement optimisée grâce à la RA. Il sera maintenant possible de régler un problème technique juste en pointant la tablette ou le smartphone sur la machine en panne. La partie défectueuse sera directement indiquée et la source de la panne identifiée rapidement. Plus de perte de temps à chercher dans les notices techniques, avec la RA, les données techniques se modifient en temps réel et sont accessibles instantanément.

Il en va de même pour l'industrie. Par exemple la RA propose, souvent sous forme de tutoriels, toutes les étapes de fabrication d'un objet et peut fournir une assistance en temps réel, apportant une optimisation du temps de main d'oeuvre, une amélioration de la compréhension et rassure le client.



Image 41 - La réalité augmentée et ses applications



Image 42 - La RA au service de l'industrie du futur

«la réalité augmentée pourrait fortement influencer sur le processus d'achat et s'avérer bien plus efficace que certaines actions marketing traditionnelles dans la mesure où l'expérience proposée est utile et distrayante. L'expérience de réalité augmentée se caractérise par une immersion dans l'univers de la marque, une plus forte notoriété et une interaction plus importante avec les consommateurs.»

Hub institute

La réalité virtuelle et la réalité augmentée, des technologies en passe de révolutionner les usages

Par Matthieu Cheminal - 18 Septembre 2015

## 3 – Impact de la réalité immersive dans le monde du travail

## 3.3.3 – Impacts :

Comme pour la réalité virtuelle, la réalité augmentée pourrait être en passe de changer et d'améliorer nos modes de vies. Utilisée pour un usage plus professionnel ou marketing, la RA est vue comme un outil, un complément d'information à la vie de tous les jours. Un peu moins ludique que sa cousine, le degré d'immersion permet de garder le contact avec l'environnement réel et donc d'interagir en fonction de celui-ci.

Bien que différent, la RA offre sensiblement les mêmes avantages que la RV. La formation prend une toute autre dimension apportant des avantages considérables. De même pour l'apprentissage, celui-ci s'en voit grandement amélioré, l'interaction et les informations données en temps réel rendent accessible un grand nombre de données.

Outre les avantages communs à la réalité virtuelle, les changements opèrent au niveau du marketing (la communication des marques), du guidage, mais surtout au niveau du domaine de la maintenance. Avec la RA, l'industrie possède un outil capable de trouver instantanément une panne et de proposer les solutions.



Image 43 – RA et l'automobile

Image 44 – RA Industrie

«Selon Grégory Maubon, consultant expert en réalité augmentée et usages numérique, « Nous sommes entrés dans une période de maturité en ce qui concerne la réalité augmentée. Son entrée dans nos vies va se faire de façon progressive puis elle deviendra incontournable. Aujourd'hui, par exemple, lorsque l'on attend un bus, on sort son Smartphone pour savoir où il se trouve. Demain, des lunettes de réalité augmentée pourront faire la même chose mais de manière beaucoup plus fluide. » »

Hub institute

La réalité virtuelle et la réalité augmentée, des technologies en passe de révolutionner les usages

Par Matthieu Cheminal – 18 Septembre 2015

La réalité augmentée nous rapproche un peu plus des technologies du «futur». Une fois ces outils abouti, nous serons en mesure d'utiliser et de fournir les données au plus grand nombre. Le numérique remplacera sûrement les supports papier, pour utiliser les lunettes RA. La connexion se fera partout, tout le temps.

«Comme le dit l'un de ces chefs de chantier, vous pouvez désormais lever le regard et voir le futur...»

ABCDBlog  
Réalité augmentée et BIM en action sur les chantiers - 03.04.2017

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE  
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR



## 3 – Impact de la réalité immersive dans le monde du travail

## 3.3.4 – La Réalité Augmentée et l'architecture :

Dans le monde du bâtiment, la réalité augmentée devient un outil précieux. Avec l'intégration progressive du BIM, la construction évolue vers l'environnement numérique. Grâce à ces maquettes numériques intelligentes, la phase de conception sera étroitement liée à la phase de construction. Le but étant d'optimiser la communication entre tous les acteurs du projet afin d'avoir une meilleure visibilité, une meilleure qualité et une meilleure efficacité lors de la construction du bâtiment.

La collaboration des différents intervenants du projet permettra, grâce au BIM, d'avoir une évolution en temps réel du chantier, appliquée directement à la maquette numérique.

La firme Américaine Daqri développe la réalité augmentée appliquée au secteur du bâtiment. D'ailleurs, la co-fondatrice et vice présidente Gaia Dempsey, estime que «l'AR peut être appliquée tout au long du cycle de développement pour améliorer la productivité.».

«Gaia envisage que les architectes et les concepteurs puissent utiliser AR pour visualiser leur travail dans un format de taille réelle et suivre les nouvelles versions et les modifications du modèle. La partie la plus prometteuse de l'AR sur un affichage simple est qu'elle peut produire des informations dans le contexte de l'espace et de la tâche, ce qui peut inclure tous les détails architecturaux, structurels et MEP. Cela permet d'identifier tôt les problèmes de conception et de les résoudre avant que le sol ne soit brisé.»

Site : Bim+ – La Réalité Augmentée: La prochaine étape logique pour les entreprises bim-ready  
Gaurang Trivedi – 21 Mai 2017

De plus, c'est un excellent moyen de communication, il sera possible de montrer aux différents investisseurs ou clients les options du projet sous un format interactif.

«Il est possible d'impliquer les clients dans la phase de conception et d'intégrer leurs commentaires dans la conception. Il est également possible pour eux de comparer la conception par rapport à la version intégrée pour voir la progression du projet.»

Site : Bim+ – La Réalité Augmentée: La prochaine étape logique pour les entreprises bim-ready  
Gaurang Trivedi – 21 Mai 2017

Autre avantage de la RA, dans l'optimisation de la logistique de chantier. Par exemple, les stock de matériel et les installations peuvent être gérés par des logiciel et retransmis en temps réel au personnes concernées. C'est encore une façon d'optimiser le bon suivi d'un chantier et de connaître un maximum d'informations.

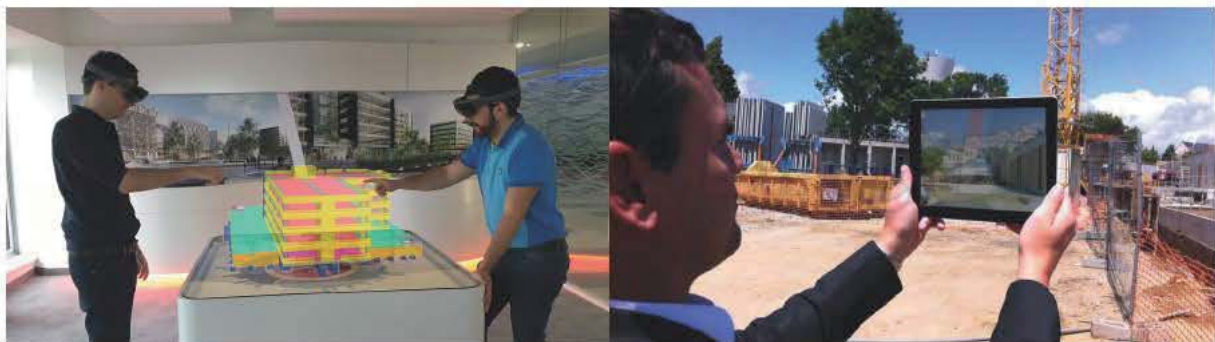


Image 45 – Entreprise occitanie

Image 8



## 3 – Impact de la réalité immersive dans le monde du travail

Daqri a développé un support de RA spécialement conçu pour le bâtiment. En liant le port du casque obligatoire à la nécessité de porter des lunettes de RA, les chercheurs ont créés le DAQRI Smart Helmet. En plus de la protection, le casque intègre: «une série de cameras pouvant offrir une visu 360°, suivi des mouvements, camera de profondeur, deux écrans rétractables d'affichage d'informations, système de transmission, traitement d'image, gestion d'écran...». Les éléments virtuels sont projetés sur la visière, qui sert également de protection oculaire.

La réalité augmentée permet aussi d'assister les chefs des corps d'états lors de la construction. Les équipes possédant une tablette ou casque RA peuvent, à l'aide de la maquette numérique, prévisualiser les travaux à effectuer ainsi que leurs emplacements. De plus pour la coordination des différents corps d'états, notamment les fluides, il est beaucoup plus simple de visualiser la superposition des réseaux et ainsi faciliter la mise en oeuvre. Plus besoin d'anticiper, on peut voir l'état futur et les emplacements prévus pour le second oeuvre.

«Une vraie collaboration pour une coordination efficace entre les corps de métiers permettant de détecter les collisions avant qu'elles n'arrivent sur le terrain.»

ABCDBlog

Réalité augmentée et BIM en action sur les chantier – 03.04.2017

Actuellement, un nombre croissant d'entreprises se tournent vers la réalité augmentée. Des équipes de recherche développent un des outils qui pourrait devenir incontournable dans l'avenir de la construction. Les prémices d'une étape majeure de la façon de travailler dans le secteur de la construction sont en marche. La volonté de lier le numérique au secteur du bâtiment, afin d'optimiser de la conception jusqu'à l'achèvement des travaux, apporte une véritable avancée technique et numérique dans le milieu professionnel.

«Mortenson Construction, Autodesk et Daqri, trois leaders du domaine de la construction et des nouvelles technologies collaborent pour améliorer le quotidien sur le chantier et faire entrer ce dernier dans l'ère du BIM connecté.»

ABCDBlog

Réalité augmentée et BIM en action sur les chantier – 03.04.2017



Image 46 – La RA dans un casque de chantier



Image 47 –  
Réalité augmentée et BIM en action sur les chantier

« Commercialement, cette immersion conduit à une appropriation beaucoup plus rapide du bâtiment par le client et apporte dès lors une meilleure collaboration et une qualité d'échanges sans égal. »

Bim et Conception, Intérêt de la maquette pour la conception  
Clément Valente,

## 3 – Impact de la réalité immersive dans le monde du travail

## 3.4 – Une nouvelle façon de communiquer :

L'arrivée du numérique dans le secteur du bâtiment a demandé des remaniements internes sur la façon de travailler, de produire et sur l'utilisation des outils de travail. Passer du papier et de la règle à la souris et à l'écran ne fût pas chose aisée. Les calculs et la conception en bureau étant les premiers visés, les principaux secteurs impactés étaient l'architecture et l'ingénierie. La CAO et la DAO sont alors devenus les outils indispensables à l'architecte. Il ne pense pas autrement son projet mais le produit différemment.

Comme l'arrivée du numérique dans l'architecture, les réalités immersives induisent des changements dans la façon de travailler. L'intégration du BIM dans les maquettes numériques a permis de franchir un cap dans la représentation et la communication. Ces nouveaux outils favorisent et poussent la collaboration entre tous les intervenants. L'architecte n'est plus dans la « toute puissance » de son enfermement, sa façon de penser le projet ne change pas, il conçoit toujours de la même manière mais place son client à ses côtés dans la création. Une interaction prend forme, le client devient acteur, l'architecte réagit, une belle dynamique fait évoluer le projet vers l'osmose parfaite.

Le travail en collaboration demande une très bonne organisation. Ce remaniement interne pousse les entreprises à un plus haut degré d'exigences et rigueur. Le temps où chaque corps d'état faisait son travail sans trop se soucier de l'intervention des autres entreprises est révolu. Il est difficile d'intégrer le numérique dans le secteur du bâtiment (autre qu'architectes et bureaux d'études). La nécessité d'être sur le chantier ne favorisait pas l'utilisation du numérique, les plans papiers étaient le seul support sur lesquels se basaient les intervenants et la communication inter-entreprises était compliquée pour les remarques et mises à jour. C'est maintenant chose possible grâce aux supports portatifs de RA. La maquette numérique est partagée entre les intervenants et se voit automatiquement mise à jour à chaque modification. La consultation se fait directement sur le site avec les supports adaptés.

Avec l'étroite collaboration des intervenants devenue possible grâce à la maquette numérique et les supports de réalité immersive, le monde du bâtiment optimise fortement sa façon de travailler. L'ère du numérique apporte certains changements qui pourraient grandement améliorer les conditions de travail.

« Si nous passons par les études récentes, l'utilisation d'AR au cours des prochaines années devrait croître de façon exponentielle et les entreprises de construction se tournent de plus en plus vers elle. Cependant, l'industrie de la construction est encore en phase initiale d'exploration de la technologie et de compréhension complète de la réalité immersive. »

Site : Bim+

La Réalité Augmentée: La prochaine étape logique pour les entreprises bim-ready

Gaurang Trivedi - 21 Mai 2017

«The industry is in the early stages of exploring and fully understanding how to use immersive reality and it is a long way from being standard practice.»

«It's still an add-on rather than at the core of working practice.»

Dr Dragana Nikolic

Bim plus - HEADSETS, CAVES, AR AND VR - WHAT'S THE REALITY FOR CONSTRUCTION?

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE TOULOUSE  
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

#### 4 - Conclusion :

Il manque encore le recul du temps pour parler de «révolution numérique» mais l'arrivée de la réalité virtuelle et de la réalité augmentée dans le monde professionnel a permis de visualiser les possibilités futures dans ce domaine. De nombreuses applications n'en sont encore qu'à leurs premiers essais, mais sont prometteuses. Nous pourrions faire la comparaison, avec ce que fut les premiers smartphones avant l'arrivée de l'iphone. Il reste encore beaucoup de tests et d'optimisation à faire, sur les différents produits et applications, avant une vraie démocratisation. Ces outils pourraient nous apporter un grand nombre d'applications. Outre le fait de nous apporter un «addon» virtuel pour notre confort et notre mode de vie, ça nous permettrait d'optimiser notre façon de travailler.

Lier les outils d'immersion virtuelle à la maquette numérique facilite beaucoup la communication. Le travail de préparation en amont est important mais apporte une vraie optimisation et renforce l'intérêt et le sens de ces maquettes intelligentes. La compréhension des intervenants est quasiment immédiate et la pertinence des échanges s'en voit améliorée. De plus, la manipulation de la maquette, que ce soit en phase conception ou réalisation, est collaborative. La maquette numérique réunit tout les intervenants, mais le rôle de l'architecte demeure malgré tout «maître décisif» de la conception. La possibilité d'une interaction et échanges en temps réel représente un avantage considérable lors de l'élaboration du projet. La maquette sert de «tuteur commun» aux entreprises et aide à la construction. Immerger les acteurs dans le projet les responsabilise. Avoir une vision globale, appréhender la superposition des corps d'état et voir le rendu final du bâtiment est une avancée notable.

Tous ces avantages font que les réalités immersives pourraient, d'ici quelques années, bouleverser le monde du bâtiment. Le savoir, les compétences et les techniques de mises en oeuvres ne changeront pas. Les réalités immersives seront effectives tout au long du projet pour accompagner les intervenants dans la visualisation, la compréhension, les échanges et la construction.

Notons que ces applications de réalité immersive qui aident à la visualisation et à la compréhension ne permettent, en aucun cas de régler les problèmes techniques. On peut donc se poser la question de savoir si l'aspect esthétique et séducteur n'est pas trop mis en avant au détriment de l'aspect technique ?



## 5 - Bibliographie :

### Sites :

- bimbtp.com - le bim à chaque étape de la construction - Clement Valente - 22 Mai 2017
- bimplus.co.uk - Augmented reality... without the headset - Stephen Cousins - 27 Avril 2017
- bimplus.co.uk - Headsets, caves, AR and VR - what's the reality for construction? Dr Dragana Nikolic - 8 Février 2017
- realite-virtuelle.com - Architecture VR - Comment la réalité virtuelle transforme l'architecture - Bastien.L - 19 juin 2017
- Quartier innovation montreal - Le potentiel pédagogique de la réalité virtuelle - 16 dec 2016
- darchitectures.com - La phénoménologie architecturale comme tendance - Marine De Faup - 20 Mars 2013
- Bimbtp.com - Interet de la maquette pour la conception - Clement Valente - 20 Mai 2017
- Orkeis.fr - La réalité augmentée un nouveau modèle de communication
- Realite-Virtuelle.com - Le CAVE L'expérience ultime de realite virtuelle immersive en 3d Pierrick LABBE - 18 Février 2017
- popfixion.fr - Réalité Virtuelle, rêve ou révolution - Farid - 12 Février 2015
- Autodesk.fr - Redshift - La réalité virtuelle et l'architecture, 4 astuces pour débiter Kim O'Connell
- usinenouvelle.com - La réalité virtuelle pour tous - Julien Bergounhoux - 28 Mai 2015
- Sciences et avenir - La réalité virtuelle, un outil de formation pour les transporteurs gaziers Damien Hypolite - 28 Avril 2016
- Site : Réalité-virtuelle.com - Top des utilisations marketing de la réalité augmentée - Tarik H - 29 Avril 2016
- Usine-digitale.fr - Avec le casque de réalité augmentée HoloLens, ThyssenKrupp veut créer un technicien 4.0 © Thyssen Krupp
- Franceinfo - La réalité augmentée, l'informatique au service de l'histoire - 06 Décembre 2016
- Edupronet.com - Réalité augmentée et éducation
- blog.santelog.com - HoloAnatomy, Une application pour la formation médicale en réalité augmentée - 10 Novembre 2016
- junglevr.io - La réalité virtuelle et réalité augmentée au service de la formation en entreprise - 18 Janvier 2017
- les-industries-technologiques.fr - La RA au service de l'industrie du futur - Violaine Cherrier
- abcdblog.typepad.com - Réalité augmentée et BIM en action sur les chantier - Laurent Henin - 03 Avril 2017
- lemonde.fr - La réalité augmentée séduit aussi les architectes - Anne-Lise Carlo - 25 Mai 2017
- Vidéo Réalité Augmentée : <https://youtu.be/NEQPm126NyM>
- Vidéo Réalité Virtuelle : <https://youtu.be/nAHEWbsTdjs>  
<https://youtu.be/RdGUnTGR9IE>

## 6 – Table des illustrations :

Image 01	- Site : Realite-Virtuelle.com - Architecture VR - Comment la réalité virtuelle transforme l'architecture - 19juin2017 - Bastien.L
Image 02	- Site : Dieter UrbachBerlinische Galerie - Dieter Urbach's photomontage. perspective of the palasthotel on Karl Liebknecht Strasse - 1973
Image 03	- Collection of Historic New England - Boston City Hall - Michael McKinnell - 1961.
Image 04	- Atelier de maquette trait d'axe - maquette concours d'architecture plateau numerique de valenciennes pour l'agence d'architecture Groupe 6 à Grenoble
Image 05	- Projet BPO - Rennes - Agence François Paumier Architecte Associés
Image 06	- Site : Architecture VR - Comment la réalité virtuelle transforme l'architecture - 19juin2017 - Bastien.L
Image 07	- Site : Quartier innovation montreal - Le potentiel pédagogique de la réalité virtuelle - 16 dec 2016
Image 08	- Site : Bimbt.com - Interet de la maquette pour la conception - Clement Valente - 20 Mai 2017
Image 09	- Site : Orkeis.fr - La réalité augmentée un nouveau modèle de communication
Image 10	- Site : princeton.wordpress.com - Topic 4 (Virtual Reality, immersive environments and interactive installations.)
Image 11	- Site : Realite-Virtuelle.com - Le CAVE L'expérience ultime de realite virtuelle immersive en 3d - Pierrick LABBE - 18 Février 2017
Image 12	- Site : popfiction.fr - Réalité Virtuelle, rêve ou révolution - Farid - 12 Février 2015
Image 13	- Site : Mac4ever - Casque occulus plus poignées
Image 14	- Site : Autodesk.fr - Redshift - La réalité virtuelle et l'architecture, 4 astuces pour débuter - Kim O'Connell
Image 15	- Site : Realite-Virtuelle.com - Le CAVE L'expérience ultime de realite virtuelle immersive en 3d - Pierrick LABBE - 18 Février 2017
Image 16	- Site : Realite-Virtuelle.com - Le CAVE L'expérience ultime de realite virtuelle immersive en 3d - Pierrick LABBE - 18 Février 2017
Image 17	- Site : Realite-Virtuelle.com - Le CAVE L'expérience ultime de realite virtuelle immersive en 3d - Pierrick LABBE - 18 Février 2017
Image 18	- Site : Realite-Virtuelle.com - Le CAVE L'expérience ultime de realite virtuelle immersive en 3d - Pierrick LABBE - 18 Février 2017
Image 19	- Site : realitevirtuelleaugmentee.fr - panorama 360
Image 20	- Site : Realite-Virtuelle.com - CES 2017 - 5 janv 2017
Image 21	- Site : usinenouvelle.com - La réalité virtuelle pour tous - Julien Bergounhox - 28 Mai 2015
Image 22	- Site : Air Traffic Management - New Simulator for skyguide training center - 15 Novembre 2012
Image 23	-Site:Educpros.fr- Néoma s'immerge dans la réalité virtuelle - Thibault Franceschet 20 Juillet 2016
Image 24	- Site : Sciences et avenir - La réalité virtuelle, un outil de formation pour les transporteurs gaziers - Damien Hypolite - 28 Avril 2016

- Image 25 – Site : Inhabitat – IKEA's new app lets you try out furniture in virtual reality – Jullie M.Rodriguez
- Image 26 – Site : VR Scout – You Can Shop for Your Next House in VR – Eric Chevalier – 13 Septembre 2016
- Image 27 – Site : Autodesk.fr – Redshift – La réalité virtuelle et l'architecture, 4 astuces pour débiter – Kim O'Connell
- Image 28 – Site : acatr.com – Adhésion de l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Clermont-Ferrand – ACATR le 20 Mars 2017
- Image 29 – Site : arqvr.com
- Image 30 – Site : Réalité-virtuelle.com – Top des utilisations marketing de la réalité augmentée – iron man – Tarik H – 29 Avril 2016
- Image 31 – Site : Usine-digitale.fr – Avec le casque de réalité augmentée HoloLens, ThyssenKrupp veut créer un technicien 4.0 © Thyssen Krupp
- Image 32 – Site : T-Immersion.com – What augmented reality
- Image 33 – Site : Virdys.fr – Comment fonctionne la réalité augmentée
- Image 34 – Site : Ulsee.com – Face Tracking
- Image 35 – Site : Franceinfo – La réalité augmentée, l'informatique au service de l'histoire – 06 Décembre 2016
- Image 36 – Site : El dado del arte – Leo caillard y el futuro de los museos – 08 Février 2011
- Image 37 – Site : Edupronet.com – Réalité augmentée et éducation
- Image 38 – Site : Inhabitat – IKEA's new app lets you try out furniture in virtual reality – Jullie M.Rodriguez
- Image 39 – Site : blog.santelog.com – HoloAnatomy, Une application pour la formation médicale en réalité augmentée – 10 Novembre 2016
- Image 40 – Site : junglevr.io – La réalité virtuelle et réalité augmentée au service de la formation en entreprise – 18 Janvier 2017
- Image 41 – Site : futura-sciences.com – La réalité augmentée et ses applications – Marc Zaffagni – 09 Février 2015
- Image 42 – Site : les-industries-technologiques.fr – La RA au service de l'industrie du futur – Violaine Cherrier
- Image 43 – Site : conseil3d.com – La vr se rend indispensable chez les constructeurs automobiles – 25 Janvier 2017
- Image 44 – Site : Usine-digitale.fr – Des lunettes de RA à l'usine Wolfsburg de Volkswagen – Julien Bergounhoux – 25 Novembre 2015
- Image 45 – Site : entreprises-occitanie.com – Maquette numérique dans le bâtiment Toulouse innove et lance des projets BIM – Groupe GA
- Image 46 – Site : laréalitéaugmentée.info – La Réalité Augmentée dans un casque de chantier – 25 Février 2016
- Image 47 – Site : abcdblog.typepad.com – Réalité augmentée et BIM en action sur les chantier – Laurent Henin – 03 Avril 2017

Architecture

Numérique

Visualisation et interaction de la maquette numérique par immersion

Mémoire deuxième cycle master – 2017/2018  
Séminaire Architecture Numérique  
Ecole National Supérieure d'Architecture de Toulouse

Ewan LORNOIS 15140

ewanlor@hotmail.com

## Mémoire de séminaire : conditions de consultation

**Ce document est protégé par le droit d'auteur (art. L. 112-1 du Code de la propriété intellectuelle).**

**L'auteur du document accorde les droits d'usages suivant :**

	OUI	NON
<b>Consultation sur place</b>		
<b>Impression</b>		
<b>Diffusion Intranet</b>		
<b>Diffusion Internet</b>		
<b>Exposition</b>		
<b>Publication non commerciale</b>		