

Modélisation 3D, visite virtuelle et stéréoscopie : synergie et concurrence



"Old Brick 3-story Building", d'après copies d'écran du modèle 3D de AdalBertz

Quelles sont les relations possibles entre ces trois éléments : modélisation 3D, visite virtuelle et stéréoscopie ? Cette question est revenue à l'occasion de la visite virtuelle multiple de tombes égyptiennes sur base de modélisation 3D.

La tombe égyptienne de Néfertari¹⁾ a donné lieu à plusieurs présentations de visite virtuelle : sous forme d'une vidéo classique <https://player.vimeo.com/video/349481681>, sous forme d'une vidéo 360° (<https://youtu.be/PFAJcMzmMzQ>) qui permet, sur écran classique, de faire tourner l'image en utilisant la souris (l'arrêt sur image est utile), de zoomer (avec la roulette de la souris), et enfin sous forme d'un modèle complet (<https://skfb.ly/6SuFI>)²⁾ qui permet en plus de se positionner où l'on veut dans la tombe sur écran classique (double clic), mais aussi avec un casque VR ou une « Google Cardboard ».

Ce n'est pas de la stéréo ? Certes, mais la modélisation 3D permet d'enregistrer deux points de vue à volonté, et donc un couple stéréo ; deux copies d'écran ont suffi pour l'exemple ci-joint.

De plus, la réalisation d'une vidéo en 3D stéréoscopique est techniquement possible à partir de ce type de modélisation. C'est ce qu'a réalisé notre collègue Édouard Barrat, voir : « Les orgues de la cathédrale Sainte-Cécile à Albi » (<https://youtu.be/ddAgosujlMu>)³⁾). « Visite d'une reconstruction photogrammétrique, cela permet de voir les détails comme avec un drone. Toutefois, n'ayant pas pu avoir des images des parties hautes sous un meilleur angle... il

y a des trous » Un très grand nombre de photos a été utilisé pour construire un modèle 3D, et celui-ci a été « regardé » en se déplaçant avec deux caméras virtuelles. Une présentation plus détaillée de notre collègue pourrait être intéressante...

Quoi de neuf ?

C'est une représentation du réel qui est combinée avec du déplacement/parcours.

Par rapport aux jeux, il s'agit de représentations « photographiques » du réel et non d'images de pure synthèse.

Par rapport aux scènes reconstituées notamment à partir de Google Earth⁴⁾, on peut regarder en tournant la tête (casque VR) ou en faisant tourner l'image sur l'écran (ordinateur/téléphone) ou en se déplaçant dans le réel simulé.

Les modèles 3D et visites virtuelles se sont beaucoup multipliés en peu d'années ; à notre séance parisienne du 25 avril 2018 nous avions pu faire une visite de temples de Bagan en Birmanie⁵⁾. Cette visite comprenait à la fois des modélisations 3D des temples et des vidéos 360°. Google et l'ONG CyArk annonçaient la production de visites de 25 sites historiques prestigieux de 18 pays (projet « Open Heritage »).

Mais je n'ai pas encore trouvé d'exemple où l'on combine trois choses : la vision stéréoscopique, la modélisation représentant le réel et le déplacement/parcours à la main du spectateur. Et même la combinaison des deux derniers éléments n'est pas fréquente : sur ce critère, la « tombe de Néfertari » représente la visite



Tombe égyptienne de Néfertari, d'après copies d'écran du modèle 3D



Tivoli Corner (Londres), d'après copies d'écran du modèle 3D de la société Mookan



Èze-Village, d'après copies d'écran du modèle 3D de Azad Balabanian



Chac Mool, d'après copies d'écran du modèle 3D de "Google Arts & Culture / Explore in 3D

la plus avancée techniquement parmi la douzaine de « visites virtuelles les plus bluffantes » proposées par le site du magazine « Beaux-Arts ».

Parmi un vaste ensemble de techniques, que l'on peut parfois combiner, on s'intéressera à deux domaines souvent disjoints : la modélisation et la visite virtuelle.

- La modélisation 3D d'objets réels ou bâtiments réels a fait de gros progrès avec notamment la photogrammétrie. Elle permet une vision de qualité, avec rotation et zoom, sans avoir à programmer un parcours.

- La visite virtuelle, avec parcours au choix du spectateur et vision en 360° à chaque étape, est une autre branche plus accessible à de larges domaines (immobilier, tourisme, culture).

La modélisation 3D

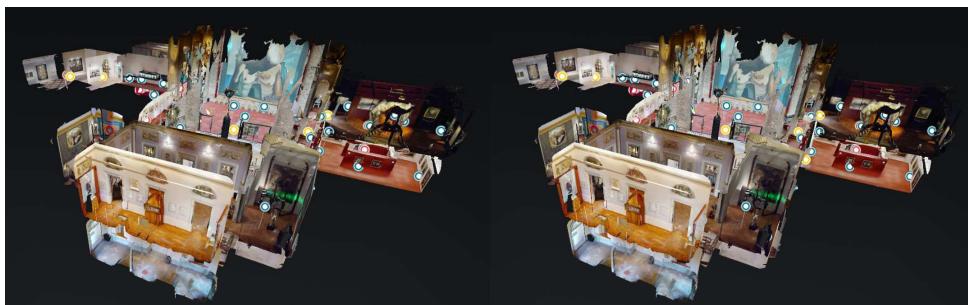
La modélisation 3D décrit des volumes, souvent par multiplication de triangles reliés entre eux avec des sommets, et dans un format standardisé utilisé par les navigateurs comme **WebGL**. Les modèles peuvent alors être disponibles sur la toile, notamment sur des hébergements spécialisés.

Ainsi, **Sketchfab** est un site d'hébergement et de lecture de fichiers 3D en ligne.

Il y a des galeries où l'on peut rechercher des modèles (<https://sketchfab.com/collections/>) ; certains sont gratuits d'autres payants. Il utilise la technologie WebGL sur n'importe quelle plateforme (ordinateur, téléphone). WebGL permet d'afficher, de créer et de gérer dynamiquement des éléments graphiques complexes en 3D dans la fenêtre du navigateur web d'un client ; c'est à la fois un format et un programme (en javascript) qui peut aussi exploiter l'accélération matérielle du ou des processeurs graphiques du terminal.

Exemple : sur Sketchfab, la « collection » de AdalBertz (<https://sketchfab.com/AdalBertZ/collections/photogrammetry>) comprend 1164 modèles dont le modèle : « Old Brick 3-story Building » avec 75 000 triangles et 38 400 sommets (vertices) pour un fichier de 111 Mo proposé à 9,95 \$US ; j'en ai tiré un couple stéréoscopique à partir de deux copies d'écran, mais il y a une infinité de points de vue possibles.

La société **Mookan** de Shenzhen (Chine) a publié plusieurs collections, dont une sur des bâtiments (<https://sketchfab.com/mookan/collections/building>) comprenant un « Tivoli Corner » de Londres ; pour



Musée Dalí, d'après copies d'écran de la "Dollhouse" par Matterport



Les orgues de la cathédrale Sainte-Cécile à Albi, d'après vidéo 3D d'Édouard Barrat

réaliser ce modèle à deux millions de triangles, 1160 photos ont été prises en octobre 2020 avec un Sony a6000, reflex APS-C de 24 mégapixels (extension massive du deux temps ou *chacha* pour capter la 3^e dimension !). Voir un couple stéréo à partir de deux copies d'écran.

Le village d'Eze est modélisé à partir de vues de drone par Azad Balabania (<https://sketchfab.com/3d-models/eze-village-france-a18a1449661643e6ab98640a3e7eaf1>, 302 000 triangles) ; des repères permettent d'afficher des points de vue particuliers, légendés.

Dans l'immense galerie virtuelle « **Google Arts & Culture** », la série « *Explore in 3D* » présente 305 objets en 3D (<https://artsandculture.google.com/search/3d?hl=fr>) dont « *Chac Mool* », une statue typique du Mexique ; voir un couple stéréo à partir de deux copies d'écran. Cependant certains modèles ne se prêtent pas à cet usage stéréoscopique, notamment pour des intérieurs comme celui de la Chapelle Royale de Versailles (même s'ils peuvent être regardés à 360° avec la souris).

Notre collègue Daniel Chailloux a réalisé quelques modèles 3D, dont des grottes. Le site **SketchFab** utilisé pour enregistrer les résultats permet de paramétrer le modèle, et, notamment dans ce cas, de rendre la paroi transparente lorsque l'on fait tourner le modèle et donc de voir au travers. Voir, page 9, les deux stéréogrammes tirés du même modèle ⁶⁾. Cela permet alors de bien visualiser l'intérieur d'un modèle 3D représentant un lieu.

Modèle 3D versus visite en 360°

Avec un modèle 3D, la présentation la plus simple est de le faire tourner (et de zoomer).

Quand un bâtiment, un objet ou un site modélisé est vu de l'extérieur, alors on peut simuler un déplacement autour de lui, en faisant tourner le modèle 3D ; ces points de vue différents permettent de percevoir le relief (d'où des couples stéréoscopiques). Mais quand on se place à l'intérieur du bâtiment (de l'objet), faire tourner le modèle équivaut à tourner la tête : on ne change pas de point de vue et donc l'information sur le relief disparaît ; pour un point de vue donné, il est alors équivalent de partir d'un modèle 3D ou

d'une photo à 360° mais en 2D ; changer de point de vue peut se faire avec le modèle 3D, mais c'est une autre manipulation et il faut décrire le chemin (ce qu'a réalisé Édouard Barrat) ; par contre une autre photo à 360° fournit le même résultat à l'autre emplacement/point de vue, en économisant la construction d'un énorme modèle pour représenter tout l'intérieur d'un bâtiment... D'où le développement des deux familles « modèle 3D » et « visite en 360° ».

Visite virtuelle, avec parcours au choix du spectateur et vision en 360°

L'exemple le plus connu est la présentation « **Street View** » associée aux plans de Google. À chaque position du spectateur, une photo à 360° peut être explorée avec la souris, et on peut se déplacer en cliquant sur des repères ou des flèches.

Ce dispositif peut être transposé à la visite de lieux ; on trouve trois visites virtuelles de ce type dans la liste de Beaux-Arts : le château de Versailles, le jardin-musée de Frida Kahlo et les offices de Florence ; ces visites sont hébergées sur la plateforme « **Google Arts & Culture** » qui en compte 5 191 de ce type.

<https://artsandculture.google.com/search/streetview>

Le logiciel de création « **Tour Creator** » de Google pour des « Street View » est gratuit ; mais disparaîtra définitivement le 30 juin 2021... et c'est l'un des moins sophistiqués parmi une bonne douzaine de logiciels de visites virtuelle analysés il y a un an (<https://youtu.be/uKkQQ0aHRSc> 50 mn, publié le 28 nov. 2019).

« **Matterport** » est un autre dispositif largement diffusé. Dans la sélection de Beaux-Arts, il est employé pour deux visites : *La Piscine*⁷⁾ (musée à Roubaix) et le Musée Dalí de Figueras⁸⁾. Ce dispositif semble très largement utilisé pour l'immobilier. Il reconstitue, comme Google, des visites d'intérieurs dites en "3D", avec vision à 360° et un parcours au choix du spectateur ; le rendu est excellent. Il y a aussi une version « VR » pour casque Oculus Quest ou Go et même Google Cardboard.

De plus, il y a une présentation d'ensemble de la structure (appartement, tombeau, bâtiment), appelée *Dollhouse* ou

maison de poupée, que l'on peut faire tourner comme les modèles 3D cités précédemment, ce qui permet d'en tirer un couple stéréoscopique par copie d'écran : voir l'écorché du musée Dali. La société Matterport écrit : « *Notre plateforme utilise l'intelligence artificielle pour générer une imagerie 3D à partir de caméras 360 qui n'ont pas de capteurs de profondeur* ⁹⁾ » avec une technologie « *basée sur notre capacité à entraîner notre réseau neuronal de machine-learning sur les 1,5 million de modèles 3D* ».

Les images ont aussi des repères cliquables qui affichent une légende pouvant comprendre un lien (notamment vidéo).

Peut-on en tirer des couples stéréos ? Dans un même endroit/pièce il y a souvent plusieurs spots (spot = rond au sol = point de vue possible) ; mais les spots sont trop distants les uns des autres pour en tirer des couples stéréoscopiques : cela ferait une base de plusieurs dizaines de centimètres dans des intérieurs. Sur écran plat, la transition d'un spot à l'autre est fluide et semble bien simulée ; mais on n'arrive pas à réaliser de copies d'écran sur les positions intermédiaires lors du déplacement simulé : dommage. Et, dans la version pour casque autonome, les transitions se font par sauts brusques. Donc pas de stéréo sauf pour la « *Dollhouse* ».

Ce type de visite donne bien une sensation d'immersion, surtout dans un casque VR, meilleure encore que celle d'un ancien stéréoscope Holmes ; on tourne la tête pour explorer l'ensemble de la pièce ou lieu dans lequel on est virtuellement transporté (un siège pivotant est conseillé !). De plus, le passage d'une position (ou spot) à l'autre permet de se rendre compte des volumes, de la profondeur de la pièce, du lieu représenté.

Redoutable concurrence pour la stéréoscopie ! Avantages de la vision à 360° en 2D : nouveauté, effet d'immersion dans le casque, disponibilité de matériels de prise de vue et d'affichage, et cela reste très intéressant sur écran plat. Coté vision réellement binoculaire, il y a le 180° 3D lancé par Google – et des caméras font à la fois du 360° 2D et du 180° 3D ; pour le grand public c'est quasiment réservé au casque de VR et, sur écran plat, c'est confidentiel

(cf. Lettre n°1035 de novembre 2020 page 23). Le 360°-3D-stéréo existe aussi, mais c'est beaucoup plus contraignant en prise de vue (matériel et modalités) et quasiment réservé au casque. Au final, pour les casques de VR, on trouve beaucoup plus de contenu « plat » (360° 2D) qu'en relief (180° 3D ou 360° 3D), alors même qu'il y a deux écrans avec deux images distinctes. Encore une fois, la stéréo a besoin de moult techniques et matériels et elle reste assez confidentielle, alors même que la vision binoculaire est largement répandue chez les humains !

Pour les amateurs de diaporama et de vidéo en 3D stéréoscopique, on peut cependant tirer des enseignements de ces visites virtuelles en 360°. La vision à 180° ou 360° demande un rythme très lent pour laisser le temps au spectateur d'explorer l'image ; le parcours du contenu à la main du spectateur, de façon non linéaire, devient particulièrement intéressant pour du contenu en 360° et même 180°, qu'il soit 2D ou 3D.

François Lagarde

¹⁾ La visite de plusieurs tombes égyptiennes est l'un des 12 items du "Tour du monde des visites virtuelles les plus bluffantes", sur le site du magazine Beaux-Arts. Ressource signalée par Jean-Yves Gresser.

<https://www.beauxarts.com/grand-format/tour-du-monde-virtuel-des-musees-comme-si-vous-y-eteiez/>
Pour celle de Néfertari voir :
<https://www.nefertaritomb.com/videos>

²⁾ Accès aussi par <https://www.nefertaritomb.com/3d>

³⁾ Cette vidéo est présentée en anaglyphe par YouTube, mais si on la télécharge, on obtient du côté à côté compressé pour TV ou projecteur.

⁴⁾ Voir par exemple : Cervin / Matterhorn Google Earth animation - close up (3D Video) de Pierre Meindre réalisé en 2009 :
<https://youtu.be/gcvCMlgwkPE>

⁵⁾ <https://artsexperiments.withgoogle.com/bagan/>
Voir : Lettre n°1012 de juin 2018 page 11.

⁶⁾ Carrière souterraine Part #2 : <https://skfb.ly/6owpY> : carrière privée à Orléans, le calcaire extrait de cette carrière était certainement utilisé pour enrichir les champs et jardins environnants ou pour faire de la chaux ; le modèle utilise 42 photos et 469.9 k triangles. Voir aussi Carrière souterraine Part #1 : <https://skfb.ly/6owqO> ainsi que la statue d'un Tiki polynésien (hauteur 20cm) : <https://skfb.ly/YZNb>

⁷⁾ Pour la Piscine à Roubaix la réalisation est due à **IMMERSEEVE**, agence digitale spécialisée dans la réalisation de visites virtuelles fondée en 2018, basée à Tourcoing et partenaire officiel

9) Matterport propose une caméra professionnelle spéciale facilitant la prise de vue. Démô sous : <https://youtu.be/aq4NLmjHwk>



Modèle 3D d'une carrière de calcaire par Daniel Chailloux, images stéréo à partir de deux copies d'écran. La deuxième montre l'utilisation de la mise en transparence des parois.



La Gloriette, Jardin des Plantes, extrait de photo stéréo à 180°-VR - Photo : François Lagarde