
Publier du relief sur écran plat pour un large public

Carte de profondeur et modélisation 3D

De nombreux sites de stéréoscopistes (dont celui du SCF) proposent plusieurs pré-sentations d'images stéréoscopiques pour voir :

- avec un stéréoscope et notamment avec un casque dit de VR qui vous immerge (et vous isole).
- avec lunettes : anaglyphe, cote à côté (compressé ou non) pour TV3D, projecteur...
- sur support spécial sans lunette : écran autostéréoscopique, (voir aussi les lenticulaires avec notamment des cartes postales).
- directement sans lunette ni support spécial en présentant un couple ; mais cela ne vise qu'un public entraîné à la vision libre (parallèle ou croisée) ; c'est assez répandu parmi les stéréoscopistes, mais le plus souvent ignoré au-delà.

Ces dispositifs spécifiques ou compétence particulière handicapent un large partage, fonction essentielle à l'heure des smartphones.

Par contre, pour publier et montrer à un large public **du relief sur écran plat**, on dispose actuellement d'une méthode où **l'usager fait bouger l'image avec son doigt ou un pointeur** : modèles 3D, images 3D à la Facebook ; il y a aussi le **gif animé** ou vi-déo équivalente. Cela marche sur la plupart des téléphones.

Les "indices de profondeur" rendent compte du relief d'une image plate (voir une bonne présentation dans la vidéo « *7 anneaux* » de Pierre Meindre www.image-en-relief.org/stereo/104-les-7-anneaux-video). Pour les scènes fixes ces indices, parfois trompeurs, sont : perspective, masquage/occultation, taille des objets connus, détails (les objets proches apparaissant plus détaillés), ombres et éclairage.

Plus caractéristiques sont les déplacements relatifs des scènes en mouvement (ciné-ma, vidéo) ; cette manifestation du relief est particulièrement utilisée dans les repor-tages sur des sites, des intérieurs. Une scène fixe se prête à l'utilisation de ce type de manifestation supplémentaire du relief – les déplacements relatifs - avec les modèles 3D, les images en relief à la Facebook et le Gif animé. Cela utilise deux familles de tech-niques : les cartes de profondeurs et la modélisation 3D.

Carte de profondeur pour Gif animé et images en relief à la Facebook

Une carte de profondeur est une image plate en niveaux de gris associée à une image 2D : le niveau de gris d'un point de cette « carte » indique la profondeur du point correspondants de l'image 2D. On peut en déduire une image proche correspondant à un point de vue légèrement décalé par rapport au point de prise de vue de l'image de réfé-rence. Mais on doit « inventer » les parties cachées du point de vue initial et dévoilées par le changement de point de vue, d'où des artefacts et/ou des traitements manuels et/ ou des traitements automatiques d'IA (« intelligence artificielle »).

La carte de profondeur peut être utilisées pour générer les images d'un gif animé, d'une petite vidéo ou d'une image en relief à la Facebook.

Un gif animé se présente comme une image plate qui bouge sur un écran numérique, cela correspond à un ensemble d'images qui sont présentées successivement. Plusieurs logiciels pour amateurs permettent de construire un gif animé et aussi de récupérer les diverses images constitutives. Parmi les Gif animés, ceux qui intéressent les stéréosco-pistes utilisent des vues multiples, proches, correspondant à un décalage du point de vue ¹⁾. Certes la présentation Gif animé n'est pas une présentation stéréoscopique. Mais pour donner une bonne impression de relief, il faut que les images du Gif correspondent de fait à des couples stéréoscopiques comme dans un lenticulaire.

Ces images multiples peuvent provenir d'une prise de vue spécifique comme pour un lenticulaire ²⁾, ou être créées par la technique de la carte de profondeur.

Facebook présente une image en simulant le déplacement du point de vue en fonction du déplacement du pointeur (doigt sur écran tactile). Pour publier une image en relief à la Facebook, on fournit une image 2D et sa carte de profondeur. Un point de vue plus haut ou plus bas peut être créé avec la technique de conversion 2D-3D par carte de profondeur (il suffit de réaliser une rotation des deux images 2D, image directe initiale et carte de profondeur).

Les téléphones haut de gamme ont un capteur de profondeur qui crée une carte de profondeur. Cette carte est généralement utilisée en interne au téléphone pour faire du bokeh ; mais elle peut être récupérée et utilisée...

La tablette LumePad génère automatiquement en interne une carte de profondeur et propose de partager une image stéréo sous forme de couple gif animé ou de vidéo ; et on peut extraire ces cartes avec des applications spécifiques.

Pour créer une carte de profondeur, on peut partir d'un couple stéréo (cf. *Edit > Depthmap*), il y a aussi d'autres procédés. Le groupe de travail du SCF animé par José Starck porte sur la conversion 2D-3D, en utilisant largement la carte de profondeur.

Modélisation 3D et manifestation du relief

La modélisation 3D est une représentation numérique en trois dimensions d'un objet ou d'un lieu ; cela permet de le regarder de n'importe quel point de vue (devant, derrière, dessus, dessous), sans avoir à inventer des parties cachées.

Un modèle 3D, affiché sur écran 2D, peut être orienté avec le pointeur ou le doigt sur écran tactile, permettant de percevoir, de se rendre compte du relief. Si l'objet n'est décrit que partiellement, on peut voir le relief en creux en le regardant par derrière ³⁾, exemple "Mercure à Vesunna" : <https://skfb.ly/owRO6>. Au contraire l'image 3D à la Face-book n'est orientable qu'avec une amplitude limitée par construction.

Un modèle 3D est décrit par sa surface, définie par un ensemble de points, d'arêtes et de triangles (il existe des représentations plus complexes). Les triangles sont contigus ; une arête est le côté commun à deux triangles, les points sont les sommets. De plus, chaque triangle reçoit une couleur ou un morceau d'image, c'est la « texture ».

On peut créer un modèle 3D à partir de nombreuses photos (plusieurs dizaines et souvent des centaines), c'est la photogrammétrie (cf. Lettre n°1044 d'octobre 2021 "Photogrammétrie, modèles 3D et usages stéréoscopiques" p.13).

Ainsi, modélisation 3D et carte de profondeur sont bien différentes ⁴⁾. Certes, en photogrammétrie, le logiciel commence par créer une carte de profondeur numérique pour chacune des dizaines ou centaines de photos initiales afin de définir les points, tri-angles... ; ces très nombreuses cartes de profondeur ne sont qu'un intermédiaire de calcul. Le modèle 3D résultat ne contient aucune carte de profondeur, mais des listes de coordonnées...

Publication de modèles 3D

Sketchfab (sketchfab.com) est un site d'hébergement et de lecture de modèles 3D en ligne, un peu comme YouTube pour les vidéos. Lancée en France, la société basée à Paris et à New York a été rachetée par Epic Games, studio américain de développement et distributeur de jeux vidéo : les jeux sont les plus gros utilisateurs de modélisation 3D.

Sketchfab est une grotte d'Alibaba. Quelques sources de modèles 3D ont été retrouvées dans la Lettre n°1036 (décembre 2020, p.4) et dans la Lettre n°1038 (février 2021 p.16) pour les musées nationaux (<https://sketchfab.com/francecollections/collections>).

Voici d'autres exemples de ce que l'on peut trouver :

- Chercher "Angkor" ramène plus de 150 modèles, issus de photogrammétrie (ex : <https://skfb.ly/6XA9o>), mais aussi par reconstruction géométrique ou par Google Map etc.



Pièce d'about en forme de naga à Angkor Vat, 2 copies d'écran du modèle 3D du musée Guimet

• J'ai trouvé le dénicheur d'ourson du jardin des plantes que j'avais pris en VR-180° recadré (Lettre n°1036 p.15) ; il a été modélisé en 3D (<https://skfb.ly/6QWJX>) par Benoît Rogez qui publie 269 modèles... [DenicheurOursons.jpg]

• Une "Mission drones de la DRAC Nouvelle-Aquitaine" a publié 30 modèles (<https://sketchfab.com/dronena33/models>) avec notamment la célèbre Tour de Vésone à Péri-gueux (<https://skfb.ly/6AB6J>)

• Je me suis amusé à prendre "Ugolin et ses enfants" dans le parc du musée Rodin, prises de vues à main levée (48 vues en 4 mn) pour créer un modèle 3D, avec pas mal de défauts (http://www.flagarde.fr/modeles3D/EssaiThreejsModelesStereo.php?i_modele=17 : attendre la fin du chargement), voir couple stéréo rendu par deux vues du modèle 3D. En cherchant Ugolin sur Sketchfab j'ai trouvé un beau modèle (<https://skfb.ly/6XIQw>) par Archeomodel3D qui a publié 617 modèles, sites historiques, statues, etc réunis en collections (<https://sketchfab.com/juanbrualla/collections>) dont "Museo Rodin Paris".

Publication en relief stéréoscopique de modèles 3D

De nombreux outils de modélisation 3D ont des fonctions d'affichage en couple sté-réo pour les casques de VR ("réalité virtuelle"), essentiellement pour les jeux.

Un stéréoscopiste amateur peut utiliser cela pour affichage selon divers modes de présentation stéréoscopique sur écran 2D ; j'ai pu trouver des algorithmes pour les présenter en modes : côté à côté (pour vision parallèle ou stéréoscope), croisé, anaglyphe,



Le dénicheur d'oursons, Jardin des Plantes, deux copies d'écran du modèle 3D publié par Benoît Rogez

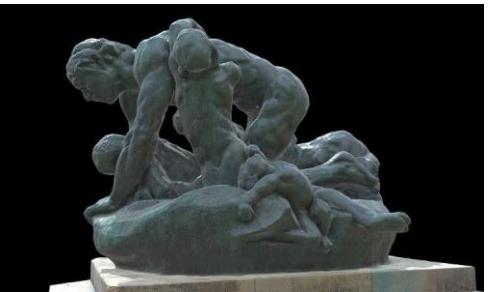


Tour de Vésone à Périgueux, deux copies d'écran du modèle.

entrelacé H (pour TV3D), entrelacé V (pour écran autostéréoscopique) ⁵⁾. Il est ainsi possible d'avoir une vision stéréoscopique d'un modèle que l'on fait tourner au pointeur ou au doigt (<http://www.flagarde.fr/modèles3D>), par exemple sur son smartphone regardé avec une paire de loupe "Homido mini", dispositif illustré ci-dessous.



Ugolin et ses enfants par Rodin, couple stéréo par rendu de deux vues du modèle réalisé par François Lagarde



Ugolin et ses enfants par Rodin, deux copies d'écran du modèle publié par ArcheoModel3D



Regarder en stéréo sur son téléphone un modèle 3D que l'on fait tourner avec le doigt. Photo : François Lagarde



Deux photos au smartphone d'un modèle de l'exposition "Aurae" de Sabrina Ratté.

S'immerger en stéréo dans une œuvre d'art !

L'exposition-installation "Aurae" de Sabrina Ratté à la Gaité Lyrique comprend nombre d'images et vidéos de synthèse. En particulier, quatre modèles 3D réalistes sont animés sur de très grands écrans, ils bougent, se décomposent et se recomposent ; ces quatre « *Floralia* » sont visibles sous <https://vimeo.com/sabrinararte/videos> - en dimension réduite par rapport à l'exposition. L'illustration jointe est très réductrice : prise en deux temps au smartphone à un moment où le mouvement était limité à une simple rotation.

Mais surtout ces quatre modèles peuvent être vus dans un casque permettant de rentrer carrément dans ces univers mouvants et bien sûr en relief stéréoscopique.

François Lagarde

1) Il existe d'autres GIF très différents : *flip-flop* (idem en lenticulaire).

2) Une série d'images de la reine Elisabeth II avaient été réalisée pour un lenticulaire (cf. Lettre n°1055 p.31). Nos collègues se sont ingénier à tirer diverses formes d'un lot de 9 vues : un Gif animé, un lenticulaire, et même un Gif animé d'anaglyphes.

3) Cependant l'auteur de la publication peut limiter volontairement l'amplitude de l'orientation.

4) Cf. graphique des correspondances entre ces diverses notions, article « Stéréoscopie, Modèle 3D et Lenticulaire » Lettre n°1054, page 20.

5) Je ne sais pas faire du côté à côté compressé qui serait utile pour projection : appel aux développeurs qui sauraient modifier du code OpenGL inclus dans le javascript de Three.js.