

Le cartonnage numérique

Génèse de ma pratique du cartonnage numérique

Après de nombreuses années à pratiquer intensivement le cartonnage (de récupération), à partir de la méthode des traverses entrecroisées développée par Eric Guimar, j'ai commencé à vouloir réaliser des volumes plus complexes avec des courbes, des galbes. Cependant je n'ai pas été capable d'assembler entièrement mes premiers volumes de ce type à partir d'un gabarits faits manuellement. C'est ainsi que j'ai commencé à calculer mes gabarits, ce qui m'a immédiatement mené au numérique.

Dans un premier temps je me suis mis à modéliser mes créations existantes qui à l'époque étaient essentiellement des meubles. Rapidement je me suis rendu compte qu'avec un petit nombre de techniques de modélisation je pouvais obtenir toutes mes créations : meuble simple avec un profil percé de niches, meuble en réseau de niches, meuble à profil kaléidoscopique, et surface de révolution.

Ayant des modèles 3d (environ une soixantaine que je présente ici : <http://gilboo.carton.free.fr/>), j'ai alors créé un outil pour en calculer le squelette que j'ai défini comme étant le résultat du tranchage du volume avec des plaques entrecroisées réparties sur deux axes. En tranchant tout volume selon un premier axe correspondant aux profils et un second correspondant aux traverses on obtient les éléments permettant d'en produire le squelette.

Je n'ai pas immédiatement compris que l'habillage pouvait aussi être calculé sous la forme d'un gabarit et ai commencé à faire un logiciel intégré permettant de créer en même temps le modèle d'un meuble et son squelette. Cela n'a été qu'une fois que le logiciel a été suffisamment avancé pour que je fasse un test concret que je me suis rendu compte que je perdrai beaucoup trop de temps et de qualité de rendu si je devais faire manuellement l'habillage, ce que soit dit en passant j'avais toujours fait avec la méthode manuelle dont les plaques d'habillage sont simples. J'ai alors commencé à développer un outil de dépliage numérique pour calculer le gabarit développé à plat d'un volume qui se referme par dessus le squelette pour former le volume en facettes de carton.

Ces deux gabarits, le squelette entrecroisé et l'habillage, pouvant être calculés à partir du fichier 3d du modèle à l'échelle voulue, j'en viens rapidement à envisager la découpe numérique qui faciliterait grandement la fabrication de ces gabarits. Cependant, en 2014, la découpe numérique est hors de portée de mon budget. Toutefois la mécatronique est devenue de plus en plus accessible et à l'aide d'un micro-contrôleur Arduino, d'une carte dédiée au pilotage de moteurs pas-à-pas, de moteurs pas-à-pas, de courroies crantées, d'éléments de structure de récupération, et d'une diode laser, j'ai pu auto-construire un prototype de découpeuse laser sur 2 axes, le tout pour un budget d'environ 300 euros (dont 100 pour la diode laser).

Avec les scripts de création de meuble et/ou la modélisation pour créer le volume, puis le script de tranchage sur 2 axes et le logiciel de dépliage numérique pour créer les gabarits, et enfin une machine de découpe numérique, nous avons tous les outils nécessaires pour mener à bien un projet de cartonnage numérique. Je vous propose maintenant d'entrer dans le détail de la création d'un tel projet à travers une série d'exemples précédés par une description générique d'un projet de cartonnage numérique.

Étapes d'un projet de cartonnage numérique

- Obtention du volume
- Adaptation de la définition
- Mise à l'échelle voulue
- Calcul de l'habillage
- Calcul du squelette
- Fabrication des pièces
- Préparation des pièces
- Assemblage des pièces
- Préparation du volume à sa décoration
- Décoration du volume
- Finition du volume

Obtention du volume

Un volume, c'est un fichier 3d définissant la géométrie du modèle cible du projet.

Il peut être obtenu depuis une source tierce, numérisé ou créé par modélisation.

Il peut être créé à l'aide d'un des scripts que je mets à disposition en ligne.

J'utilise le format de fichier 3d .obj qui peut être obtenu par conversion depuis d'autres formats.

Adaptation de la définition

Certains fichiers 3d comportent parfois un nombre trop important de triangles, il doivent alors être décimés de façon à contenir un nombre minimum de triangles qui satisfait les différentes exigences que sont de préserver l'aspect du modèle et pouvoir être assemblé manuellement. Ma fourchette va entre 150 (le plus souvent 200) et 2000 (qui correspond à un modèle d'environ 1m de long). J'utilise le logiciel Meshlab pour cette opération de décimation.

Mise à l'échelle voulue

J'utilise comme convention 1 unité (dans le fichier .obj) = 1 mm.

Les manipulations comme la mise à l'échelle sont effectuées avec le logiciel Wings 3d.

La mise à l'échelle est obtenue en plaçant le modèle avec la hauteur sur l'axe Y, la largeur sur l'axe X et la profondeur sur l'axe Z, et elle correspond à la valeur (mm) en X, Y et Z de la boîte englobante du modèle.

Pour changer les dimensions du modèle il suffit de changer les dimensions de la boîte englobantes puis de mettre à jour les dimensions de l'objet en fonction de ces changements. Une vidéo explicative de la manipulation est disponible en ligne.

Calcul de l'habillage

L'habillage est calculé et est éditable graphiquement par le logiciel « Le Déplieur » accessible en ligne.

« Le Déplieur » peut déplier automatiquement un volume, mais il faudra en ce cas la plupart du temps éditer graphiquement le gabarit pour obtenir un résultat pratique. Pour obtenir un dépliage nécessitant un minimum d'édition, une étape de séparation du volume en pièces est préconisée. Cette séparation se fait graphiquement avec Wings 3d en sélectionnant des facettes en zones colorisées de façons distinctes.

Calcul du squelette

Le squelette est calculé par un script de tranchage sur deux axes disponible en ligne.

- Fabrication des pièces

Selon le type du projet, il peut y avoir un ou plusieurs jeux de pièces à fabriquer.

Chaque jeu de pièce est généré dans un fichier vectoriel où chaque pièce est décrite sous forme de chemins de découpe, rainage, et de tracé qui peuvent être soit directement usinés (découpés, pliés, tracés) si l'on a une machine de découpe numérique, soit imprimés sur papier pour être ensuite reportés sur carton puis découpés, pliés, tracés à la main.

- Préparation des pièces

D'autres actions peuvent être nécessaires avant l'assemblage, pliage dans un sens, ajouts manuels de tracés.

- Assemblage des pièces

Selon le type de pièce, l'assemblage peut se faire par entrecroisement et/ou collage.

- Préparation du volume à sa décoration

Une fois le volume assemblé, il peut être préparé comme tout autre volume en carton, c'est-à-dire intégralement krafté et/ou sous-couché ou toute autre technique préparatoire.

- Décoration du volume

Le volume peut être décoré avec toutes les techniques usuellement utilisées sur les volumes en carton.

- Finition du volume

Le volume peut être protégé par toutes couches de finition nécessaires, vernis sur les objets, vitrificateur sur les meubles.

Exemple 1 : pyramide, arête de 10 cm

Obtention du volume

Depuis le site internet Polyhedra Viewer

- Aller sur <https://polyhedra.tessera.li/>
- Cliquer sur « Tetrahedron »
- Cliquer sur « Info » (en haut)
- Cliquer sur « .obj » (en bas, sous « Download model »)

Adaptation de la définition

C'est un volume comportant 4 faces, ce qui ne nécessitera pas d'adaptation.

Mise à l'échelle voulue

- Installer Wings 3d :
- Aller sur <http://www.wings3d.com/>
- Cliquer sur « Downloads » (dans la barre de menu en haut)
- Récupérer le fichier d'installation correspondant à votre système d'exploitation
- Exécuter le fichier d'installation
- Lancer Wings 3d
- Mettre en français : menu « Edit/Preferences », onglet « User interface », changer « language »
- Importer (menu « File/Importer/Wavefront (.obj) ») le fichier « tetrahedron.obj »
- Si le volume n'est pas affiché à l'écran, appuyer sur MAJ + « A » (A pour « all »)

Ici, ce qui nous intéresse c'est la longueur d'une arête, pas les dimensions du volume, donc il nous suffit de positionner le pointeur de la souris sur l'une des arêtes qui est alors surlignée, en haut des informations sur cet élément sont alors affichés, dont sa longueur (en mm). Pour ramener cette longueur à 100 mm il faut calculer cette 100 / cette longueur et redimensionner le volume d'autant, ce qui se fait ainsi :

- Passer en « sélection par corps » en appuyant sur « B » (B pour « body »)
- Sélectionner le volume en cliquant dessus.
- Faire un clic droit et sélectionner « Mise à l'échelle uniforme »
- Appuyer sur la touche de tabulation pour ouvrir une zone de saisie pour l'échelle et y entrer la valeur calculée, dans mon cas 3535,6
- Pour vérifier, cliquer en dehors du volume, puis sur l'une des arêtes et voir sa longueur.
- Si vous voulez pouvoir revenir facilement sur ce modèle avec Wings 3d vous pouvez le sauvegarder (menu « file/save »).
- Exporter (menu « file/export/Wavefront « .obj ») le volume aux bonnes dimensions sous un autre nom, dans mon cas j'ai choisi « tetrahedron_A10.obj ».

Calcul de l'habillage

- Aller sur <https://gilboonet.github.io/deplieur/UI1.html>
- Créer un nouveau projet (menu « Fichier/ Nouveau »)

- Choisir le fichier .obj aux bonnes dimensions (Il est aussi possible de directement prendre le fichier récupéré sur Polyhedra Viewer, en mettant l'échelle 35.356)
- Le volume déplié est alors calculé et affiché.
- L'exporter en svg (menu « Fichier/Exporter »), entrer un nom (finissant par .svg)

Le fichier svg contient l'habillage à l'échelle. En rouge il y a le chemin de découpe. En pointillé marron les plis Montagne et en pointillé-point vert les plis Colline. En noir les numéros d'arête, et en violet les numéros de pièce (une seule ici).