

Etude de l'existant

Xin Zhang, Tanguy Renard, Solère Faure, Lucie Laury AIL2

1. Description du sujet	2
2. Etude de l'existant	2
a) Fichiers STL	2
b) Visualisation / Edition de fichiers STL	4
c) autre	6
3. Etude technique	7
a) WebGL	7
b) Three.js	7
c) Babylon.js	7
d) STL Viewer Javascript PlugIn	8
e) X3DOM	8
f) Les algorithmes	8
4. Sources	10
Conclusion	10

1. Description du sujet

Le projet consiste à mettre en place un logiciel web permettant à l'utilisateur de modifier un objet 3D. A la manière d'un petit Blender, cet outil devra afficher un objet 3D depuis un fichier STL et modifier le fichier STL en fonction des actions de l'utilisateur (changement de couleur, modification de l'orientation du maillage, modification du maillage lui-même). Cet outil devra également, au chargement d'un fichier STL, vérifier la cohérence des triangles afin de s'assurer que l'objet 3D est fermé et est donc imprimable par les imprimantes 3D.

Ainsi, l'objectif est de faciliter le traitement des fichiers STL par les étudiants susceptibles d'imprimer des éléments 3D.

2. Etude de l'existant

a) Fichiers STL

Les fichiers STL sont les plus populaires dans le domaine de l'impression 3D. Ils permettent de stocker les informations du modèle 3D. Ils représentent les surfaces brutes du modèle sous forme de maillage de petits triangles. Ainsi, plus le modèle serait détaillé, plus le fichier posséderait de petits triangles.

Son appellation "STL" possède plusieurs origines possibles :

- Abréviation du mot "*Stéréolithographie*" (qui signifie impression 3D) : technologie de production industrielle additive dite de photopolymérisation en cuve
- "Standard Triangle Language" : référence à l'utilisation de triangle pour modéliser un objet 3D
- "Standard Tessalation Language" : référence à la technique permettant d'encoder la géométrie de la surface de l'objet

Ce format de fichier permet de décrire seulement la structure du modèle 3D et n'apporte donc aucune information de couleur, texture ou matériau (contrairement aux fichiers au format 3MF), ce qui le rend très facilement lisible pour une imprimante 3D.

Un fichier STL peut utiliser l'encodage ASCII ou l'encodage binaire :

```

facette normale ni nj nk

boucle extérieure

vertex v1x v1y v1z

vertex v2x v2y v2z

vertex v3x v3y v3z

endloop

endfacet

```

Encodage ASCII

```

UINT8[80] - Header

UINT32 - Number of triangles

pour chaque triangle

REAL32[3] - Normal vector

REAL32[3] - Vertex 1

REAL32[3] - Vertex 2

REAL32[3] - Vertex 3

UINT16 - Attribute byte count

end

```

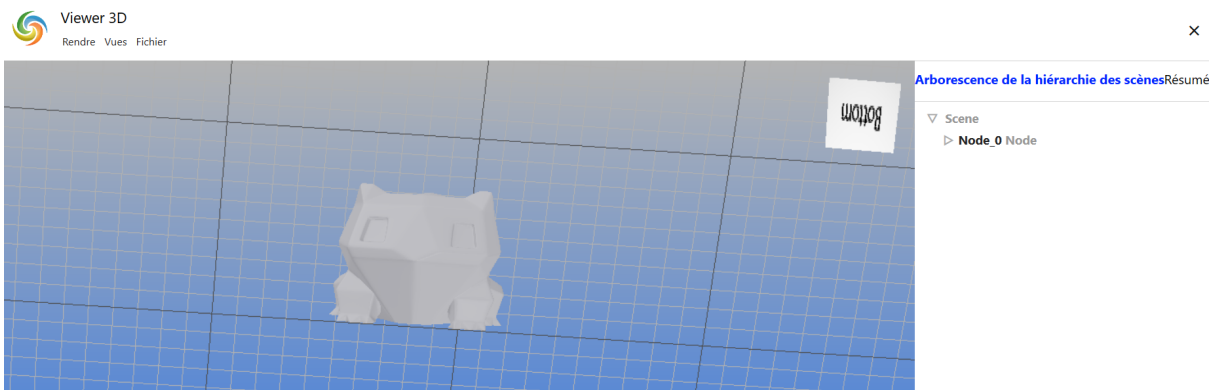
Encodage binaire

Avantages	Inconvénients
Compact et simple	Supprime les infos de connectivité
Comporte seulement les informations nécessaires à la description de la structure du modèle 3D	Ne supporte pas les informations de couleurs
Pas besoin de phase de tessellation	
Compatible avec la plupart des logiciels de modelage et imprimante 3D	

b) Visualisation / Edition de fichiers STL

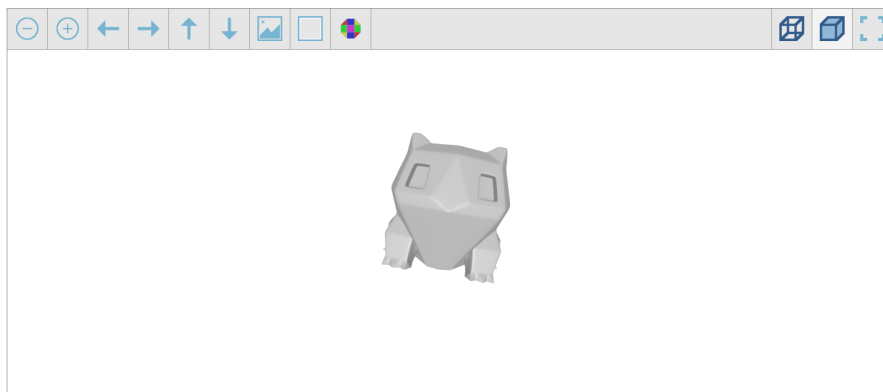
Aspose.app

Site permettant d'afficher un objet 3D via un fichier STL. Affichage 3D qui permet de se balader dans le plan et de faire pivoter l'objet et zoomer/ dézoomer. L'objet est affiché en gris, pas d'opération possible dessus. Et c'est relativement peu fluide, l'objet à mis énormément de temps à s'afficher



ImageToStl

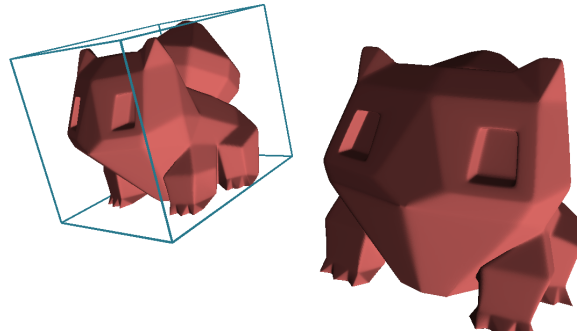
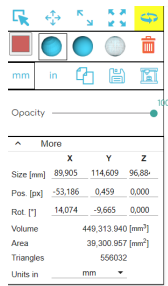
Ce site permet d'afficher un fichier STL en objet 3D. Il ne permet pas de faire des opérations dessus. Les requêtes et la modification d'orientation sont fluides et rapides. (modifier la couleur de l'arrière-plan par exemple). L'objet est affiché en gris ou en noir. Le chargement du fichier est également plus rapide



Ce site permet aussi de convertir une image 2D en fichier STL et ainsi l'afficher en 3D (perte des couleurs)

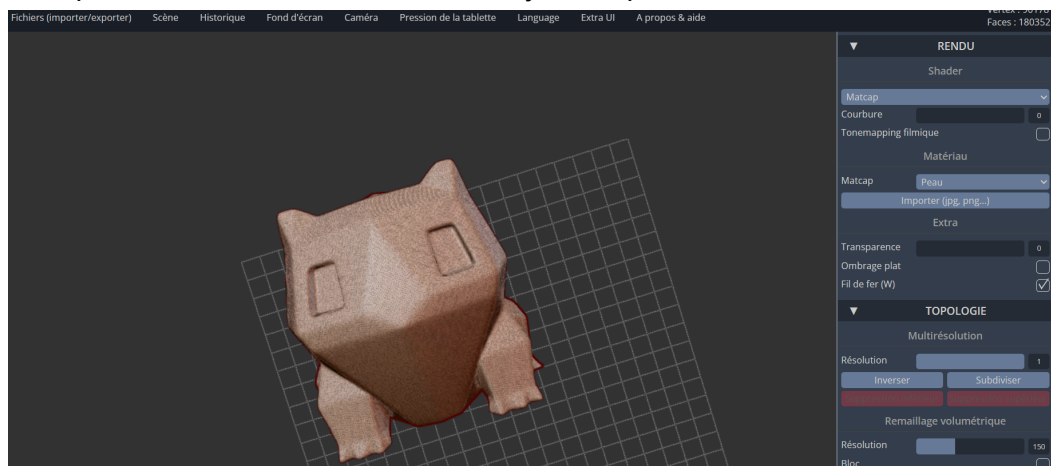
STL viewer

Ce site permet de visualiser des fichiers STL, et d'effectuer des opérations dessus. On peut modifier la couleur de la totalité de l'objet, modifier ses proportions/ sa taille, son orientation et afficher le maillage.



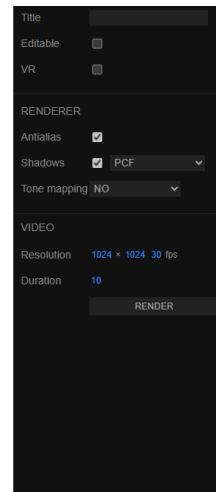
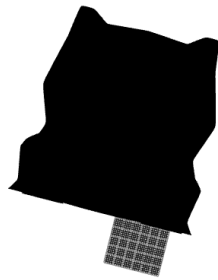
SculptGL

C'est un logiciel dans le navigateur web qui permet d'afficher un fichier STL mais aussi de modifier l'objet (comme un petit blender). Il a également l'option "file de fer" qui permet d'afficher les triangles du maillage. On peut également mettre de la couleur sur le dessin. Les opérations se font via des fonctions javascript



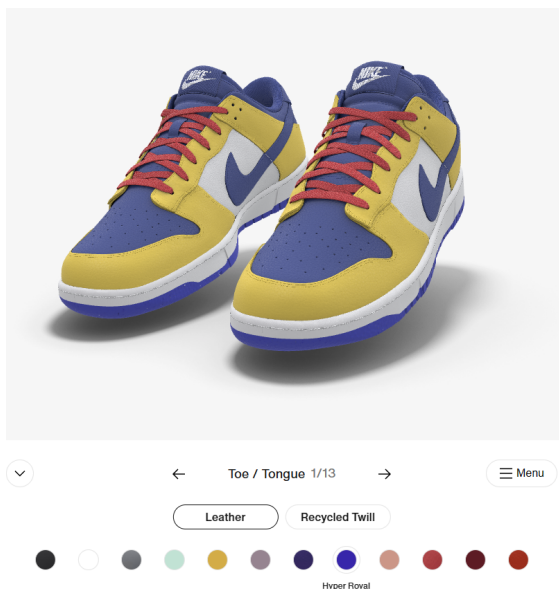
three.js editor

Ce site permet d'afficher, modifier les fichiers STL. Il permet aussi de convertir les fichiers importés en différents formats de fichier.



c) autre

Le site Nike utilise la technologie Babylone.js pour nous permettre de personnaliser nos chaussures. Ils ont une page d'édition avec la chaussure affichée en 3D et un menu de couleurs pour nous permettre de modifier les différentes couleurs de la chaussure et de la visualiser en direct (affichage des modifications instantané)



3. Etude technique

a) WebGL

WebGL est une API Javascript permettant d'afficher un contenu 2D ou 3D dans un navigateur web dans une section "canva" (sans utiliser de module complémentaires)
L'application web SculptGL est construite intégralement en HTML/WebGL.
Cette technologie permet donc d'afficher un fichier STL, d'effectuer des modifications et de le sauvegarder.
WebGL est plutôt considéré comme un outil de bas niveau permettant de dessiner des points, des triangles et des lignes.

b) Three.js

Three.js est une bibliothèque JavaScript légère qui simplifie la création et la manipulation d'éléments en 3D dans les navigateurs web. Elle repose sur WebGL, la technologie graphique en temps réel de bas niveau, et offre une interface conviviale pour gérer les scènes, les lumières, les matériaux, les textures et bien plus encore.

Three.js est aussi conçu pour fonctionner sur divers navigateurs web et appareils, ce qui le rend compatible avec différentes plateformes.

Grâce à Three.js, les développeurs peuvent créer des expériences interactives en 3D de manière efficace et intuitive.

Ces deux technologies se disent complémentaires car Three.js utilise le moteur de WebGL

c) Babylon.js

Babylon.js permet de créer des jeux 3D tournant sur le web et sur n'importe quel navigateur. Il est construit en javascript, et, comme Three.js, permet de réduire la complexité des technologies proches de la machine pour gérer le 3D.

Un des sites a utilisé Babylon.js pour personifier des chaussures (site de e-commerce), ce qui sous-entend qu'il est possible de modifier des fichiers 3D. De plus, on peut apparemment mettre en place un menu 2D pour rajouter une couche de modification sur les objets 3D (ex : modification de la couleur)

Comme pour Three.js, il faudrait combiner webGL et babylone.js

d) STL Viewer Javascript Plugin

Le plugin Javascript **STL Viewer** est un package contenant toutes les librairies nécessaire à la visualisation de fichiers STL. On y retrouve par `three.min.js`, mais aussi `stl-viewer.min.js` permettant de visualiser un fichier STL situé à une URL donnée ou encore `OrbitControls.js` qui permet de se déplacer dans l'espace de rendu du fichier STL (zoom, déplacement autour de l'objet).

e) X3DOM

Cette technologie permet d'intégrer des objets 3D en écrivant directement dans le fichier HTML et en utilisant du javascript.

Il paraît plus simple que WebGL mais moins performant (plus lent dans l'interaction avec l'objet 3D). Les propriétés de l'objet 3D sont à donner dans le fichier HTML et rien ne sous-entend qu'on puisse modifier le fichier STL grâce à cette technologie. Seulement afficher un fichier STL, zoomer et faire pivoter l'objet 3D affiché.

f) Les algorithmes

Il existe plusieurs algorithmes dont nous pourrions nous inspirer voire utiliser dans nos différentes tâches de réparation / modification des fichiers STL. À noter que comme les fichiers STL n'ont pas d'informations de connectivité, il faudra créer une structure de données pour la représenter :

- **Algorithme de “remeshing”**

L'algorithme de remeshing peut-être utilisé pour différents cas de figure notamment la simplification du maillage, le détaillage du maillage ou la correction du maillage, dû au fait que cet algorithme parcourt tout le maillage pour effectuer ses opérations.

- **Algorithmes de détection d'erreurs**

Il existe plusieurs algorithmes de détection d'erreurs (autant que d'erreurs possibles). On peut citer :

- L'algorithme de détection d'auto-intersection : Il consiste à détecter toutes les surfaces qui se croisent pour les réparer :
 - Définition d'une structure de données pour représenter le maillage
 - Vérifier les intersections de segments créés par les arêtes du maillage (à l'aide de l'algorithme de Möller-Trumbore par exemple).
 - Identifier les intersections invalides pour pouvoir les réparer (triangles qui se chevauchent, triangle coupant d'autres triangles, ...).
 - Réarranger les points pour corriger les intersections
 - (optionnel) Reconstruire le maillage
- L'algorithme de correction des faces mal orientées :
 - Calculer les normales de surface de chaque triangle du maillage. Une normale de surface désigne un vecteur perpendiculaire à la face du triangle indiquant la direction de cette face.
 - Vérifier l'orientation des faces en parcourant chaque face et vérifier l'orientation des normales (idéalement vers l'extérieur).
 - Inverser l'ordre des sommets de chaque triangle mal orienté pour inverser la direction de la normale du triangle
- L'algorithme de correction des trous :
 - Parcourir le maillage de l'objet 3D pour identifier les bords et arêtes isolés qui peuvent être synonymes de trous. (les bords du modèle devront être renseignés dans la structure de données)
 - Ajouter un ou des triangles pour compléter le maillage et mettre à jour la connectivité dans la structure de données. Il faut aussi faire attention aux éventuels problèmes d'intersections vu plus tôt

4. Sources

- [Sculpteo - Qu'est-ce qu'un fichier STL](#)
- [Guide des fichiers STL pour une meilleure impression 3D | Markforged](#)
- <https://www.viewstl.com/plugin/>
- [Babylon.js game engine \(babylonjs.com\)](#)
- <https://discoverthreejs.com/>
- Lire des modèles 3D
<https://threejs.org/docs/index.html#manual/fr/introduction/Loading-3D-models>
- [three.js docs](#)
- [WebGL](#)
- [Nike Dunk Low By You Custom Shoes. Nike.com](#)
- [three.js editor](#)
- [SculptGL - A WebGL sculpting app \(stephaneginier.com\)](#)
- [STL viewer](#)
- [Outil en ligne gratuit pour visualiser des fichiers STL 3D en ligne - ImageToStl](#)
- [Visionneuse de fichiers STL en ligne gratuite \(aspose.app\)](#)

Conclusion

Parmi les éléments présentés dans le rapport, le site le plus représentatif de ce que l'on doit produire est SculptGL.

Les technologies les plus intéressantes pour notre projet et celles les plus complètes pour nous permettre d'arriver au rendu final seraient WebGL et Three.js.