

**IFT-3100: Infographie**

**Projet de session (TP#2)**

Équipe 13

présenté à

**Philippe Voyer**

|  |  |
| --- | --- |
| *matricule* | *Nom* |
| 910 101 463 | Alexandre Gagnon |
| 111 147 051 | Samuel Parent |

Université Laval

23 avril 2018

**Sommaire**

L’objectif du projet de session est de développer une application qui permet de construire, éditer et rendre des scènes visuelles. Le projet de session a été divisé en deux parties. La deuxième partie du projet porte sur les 5 catégories suivantes : la camera, l’illumination, le lancer de rayon, la topologie et les techniques de rendu. Chacune d’entre elles propose 5 fonctionnalités possibles et nous avons essayé d’en implémenter au moins 3 pour chaque catégorie. Pour notre projet, nous avons décidé d’implémenter celles qui, selon nous, laissent à l’utilisateur un bon degré de liberté. Tout au long du projet, nous avons révisé les aspects existants de l’application afin d’avoir une bonne uniformité dans son utilisation. Tous les outils développés dans la première partie du projet sont encore disponibles et ont été améliorés pour fonctionner correctement en 3D et avec l’ajout de l’illumination. Nous croyons que notre méthode de développement est bonne, car si nous nous étions seulement concentrés sur les fonctionnalités à développer, nous n’aurions pas eu une application uniforme et évolutive. En ayant de bonnes bases, il est plus aisé d’intégrer les nouvelles fonctionnalités demandées dans notre projet sans pour autant introduire des problèmes dans ce qui a été fait précédemment.

Pour la deuxième partie du projet, les aspects que nous avons décidé d’implémenter donnent beaucoup de puissance à l’utilisateur, laissant ainsi la possibilité de faire le rendu d’effets plus complexes. Nos outils sont plus faciles d’utilisation qu’avant, puisqu’on peut maintenant voir la scène de plusieurs points de vue en même temps, ce qui facilite le placement d’éléments dans la scène 3d. La performance est supérieure grâce à l’implantation de techniques d’occlusion et de recherche spatiale efficaces. De plus, la sélection d’éléments est beaucoup plus facile qu’avant avec le lancer de rayon.

**Interactivité**

Il y a un bon nombre d’interactions possibles dans notre projet étant donné que nous l’avons créé comme un logiciel de conception assisté par ordinateur (CAO). L’utilisateur a presque le contrôle complet de la scène. Il peut ajouter des éléments, éliminer des éléments, changer la nature des éléments qu’il a déjà ajoutés, etc. Bref, l’utilisateur peut faire ce qu’il veut avec les outils que nous lui offrons.

Les entrées qui permettent à l’utilisateur d’envoyer des signaux à l’application sont nombreuses. Il y a les boutons de base qui donne l’option a l’utilisateur de dessiner des formes géométriques, écrire et ajouter du texte dans la scène, ajouter une image dans la scène, prendre et sauvegarder une capture d’écran, ajouter un modelé dans la scène, ajouter des lumières dans la scène, activer et désactiver les lumières, diviser la fenêtre d’affichage, changer le type de camera et placer différents types de courbes. Il y a aussi les boutons qui apparaissent une fois que l’utilisateur a utilisé sa souris pour sélectionner une composante de la scène. Des commandes pour changer la couleur des lignes, changer la couleur de remplissage, changer la grosseur des lignes, changer la dimension des modèles, changer la position des modèles, changer la rotation des modèles, supprimer un élément, « undo » ou « redo », sont toutes des commandes possibles une fois la composante sélectionnée. Il y a quelques autres commandes possibles, mais l’idée est la même qu’avec le reste ; c’est des commandes qui permettent de modifier un élément dans la scène.

Pour les sorties de l’application, toute forme de dessin peut être considérée comme une sortie, alors la plupart des actions d’entrée qui ont été mentionnées ont une sortie que l’utilisateur voit en conséquence. Il y a le cas de la capture d’écran qui est différente. Cette action ne va pas créer un objet que l’utilisateur peut voir sur l’écran, mais elle va créer un fichier en dehors de l’application où l’utilisateur peut aller voir la capture d’écran qui a été prise. Notre *raytracer* va aussi créer une image d’une scène en dehors de l’application.

**Technologie**

Puisque tous les membres de l’équipe travaillent sous Windows, on a utilisé Visual Studio 2015 afin de développer et compiler notre projet. Cette version est disponible gratuitement (*Visual Studio Community 2015*). Nous utilisons aussi openFrameworks, qui est une boîte à outils dite *open source*. Cette librairie est pour nous un très bon point de départ puisqu’elle est stable et nous fournit une bonne base pour créer une application utilisant OpenGL. Il est relativement facile de trouver réponse à ses questions sur les forums, et plusieurs *addons* sont disponibles avec la librairie, notamment pour charger et afficher des modèles géométriques, ou encore pour faire des interfaces utilisateur.

Afin de gérer le code source, on a utilisé GitHub. C’est une solution gratuite qui permet un partage facile des fichiers entre les membres de l’équipe. Les fichiers sont accessibles par tous en tout temps, soit à partir du logiclel GitHub, soit par le site internet de l’entreprise. Cette technologie nous permet aussi de travailler à plusieurs en même temps sur le projet puisqu’elle intègre un historique des modifications et la possibilité de faire des « branches » afin qu’on puisse travailler sans impacter l’arbre de code principal.

**Compilation**

Afin de compiler notre projet, il est nécessaire d’avoir Visual Studio 2015 (ou plus récent), et d’avoir le *Platform* toolset *Visual Studio 2015(v140)*. Puisque nous utilisons GitHub et qu’ils ont certaines restrictions quant à la taille maximale de fichiers, il est nécessaire d’ajouter manuellement la librairie openFrameworks dans l’arborescence de notre code source. Nous utilisons la version 0.9.8, disponible sur <http://openframeworks.cc> dans la section des téléchargements. Une fois téléchargé, il suffit d’extraire le contenu et le mettre dans le dossier */src/libs/*. Si tout a été fait correctement, le chemin suivant devrait être valide :

**src/libs/of\_v0.9.8\_vs\_release/libs/openFrameworksCompiled/project/vs**

Une fois cette étape terminée, il faut tout simplement ouvrir la solution Visual Studio située dans le répertoire Workspace. À l’intérieur de l’application, il est très important de vérifier que la compilation se fait avec la stratégie **x86**. Compiler le projet intitulé « ProjetEquipe13 ». Dans la séquence, celui-ci va aussi compiler le projet openFrameworks puisque notre projet a une dépendance directe sur celui-ci.

**Architecture**

Pour nous, la définition de l’architecture logicielle est de concevoir et structurer un programme d’une telle manière que nous pouvons améliorer :

* La qualité
* La conception
* L’évolution
* L’entretien

Nous avons essayé de créer une architecture qui rend ces aspects faciles à gérer en divisant en plusieurs sections. Le rôle de l’application n’est que de mettre le tout en commun et de relayer certains événements. Ainsi, l’application est dans un dossier séparée et inclus les autres dossiers (core, tools, ui). Nous avons une classe de rendu dont la principale tâche est de rendre le contenu de la scène, en plus de conserver les paramètres de dessin active (taille de ligne, couleur de ligne, couleur de remplissage, etc.). En tout temps, l’application ne possède qu’une seule scène. Celle-ci définit le système de coordonnées et s’occupe de la gestion de tous les objets géométriques qui seront créés par l’utilisateur. On y gère aussi le *undo*, *le redo* ainsi que la sélection active. Chaque modification à un élément doit nécessairement passer par les interfaces de la scène, ce qui nous permet de gérer les changements facilement. Les géométries de la scène sont créées par des outils. Un outil est une classe qui, lorsque activée, va recevoir la majorité des événements de la part de l’utilisateur tels que les clics et les déplacements de souris. Il ne peut y avoir qu’un outil d’édition à la fois. Lorsqu’un outil démarre, l’outil courant est remplacé par le nouvel outil. C’est une architecture qui nous permet facilement d’ajouter des fonctionnalités sans pour autant déstabiliser le reste du code. De plus, puisque les outils sont des sous-classes d’une interface, il n’est pas nécessaire à l’application de connaître le fonctionnement interne de l’outil. Cette approche va aussi nous faciliter la gestion de la caméra lorsque nous allons l’implémenter, puisque nous allons introduire la notion d’outil d’affichage qui pourra momentanément suspendre l’outil actif d’édition afin de modifier les paramètres de la vue.

**Fonctionnalités (TP1)**

La première section du projet de session visait à nous faire travailler sur les aspects d’image de notre projet. Nous avons choisi implémenter les aspects suivants :

* Il est possible d'importer des fichiers images et de les afficher dans une scène sous une forme ou une autre (1.1) : Le projet offre deux manières d’importer une image : importer à partir d’un bouton d’importation ou « drag and drop » d’une image dans la scène. Si le bouton d’importation est sélectionné, un fichier de dialogue ouvre et donne l’option à l’utilisateur de choisir son fichier image. Dans tous les cas, c’est l’outil *datPlaceImageTool* qui s’occupera de gérer l’ajout à la scène.Quand une image valide est choisie, l’outil permet à l’utilisateur de modifier les paramètres de taille de l’image, et de la bouger dans la scène avant de cliquer pour confirmer l’insertion. Le *drag and drop* supporte l’insertion multiple d’images, qui seront ajoutées une à la fois. Il suffit de faire un clic droit pour en éliminer une et passer à la suivante.
* Il est possible d’exporter des rendus d’une scène dans des fichiers images (1.2): Il y a un bouton pour commencer l’exportation des images. Quand il est activé, un fichier de dialogue ouvre qui donne l’option à l’utilisateur de choisir où il veut sauvegarder son fichier image. L’utilisateur doit donner un nom au fichier pour qu’il puisse le sauvegarder et il va être sauvegardé avec l’extension « .PNG ». Un objet « ofImage » est créé pour garder l’image prise par la capture d’écran (.grabScreen) et la sauvegarder à l’endroit choisi par l’utilisateur.
* Il est possible de sélectionner une couleur parmi un ensemble de couleurs et de l’assigner à un élément visuel (1.4): Puisqu’il est possible de placer des éléments visuels dans la scène de l’application, nous avons donné l’option à l’utilisateur de choisir la couleur de ces éléments. En utilisant « ofxGUI », nous avons créé un panneau qui contrôle le niveau des couleurs RGB. Si, avant de placer un élément visuel dans la scène, le niveau d’une des couleurs est changé, l’élément va prendre cette couleur. Tant que la couleur n’est pas modifiée, les objets placés vont continuer d’avoir la couleur qui avait été sélectionnée. Le sélecteur de couleur est à même les outils de dessin.

La deuxième partie du projet était fixé sur les dessins vectoriels. Pour cette partie, nous avons implémenté les aspects suivants.

* Il existe au moins 5 représentations visuelles différentes du curseur dessinées à partir de primitives vectorielles (2.1) : nous avons créé 5 différents cas où le curseur peut avoir une représentation visuelle différente. Lorsque l’outil de sélection est actif, le panneau de contrôle permet de clique sur les différents choix offerts. Il est également possible d’utiliser les touches 1 à 5 du clavier. Lorsqu’un curseur différent de celui par défaut est sélectionné, nous cachons la souris avec « ofHideCursor », et dessinons des primitives vectorielles à l’endroit où il devrait être. Cette logique est située dans notre classe de rendu *datRenderer..*

* Il est possible de modifier de manière interactive la valeur des outils de dessin vectoriel tel que l’épaisseur des lignes de contour, la couleur des lignes de contour, la couleur des zones de remplissage et la couleur d’arrière-plan de la scène (2.2) : il est possible de changer les couleurs des lignes qui sont placées dans la scène, comme nous avons mentionné dans 1.4. Il est aussi possible de changer l’épaisseur des lignes avec un panneau en utilisant le même principe de « slider » que les couleurs. De plus, si nous créons une forme vectorielle avec ces lignes, il est possible de changer la couleur de remplissage aussi. Comme avec les lignes, nous avons un panneau « ofxGUI » avec les valeurs RGB et quand les « slider » sont bougé, la couleur de remplissage est modifiée. Pour changer la couleur d’arrière-plan, il faut être dans la fenêtre du bouton « select tool ». Le principe pour changer la couleur est le même qu’avec les deux autres aspects.
* Il est possible de créer de manière interactive des instances d’au moins 5 types des primitives vectorielles parmi cet ensemble : point, ligne, carré, rectangle, triangle, quadrilatère, polygone régulier, polygone irrégulier, cercle, ellipse et arc (2.3) : il est possible de créer des lignes dans l’application et avec ces lignes, il est possible de créer a peu près n’importe quelle primitives vectorielles (sauf des cercles, ellipse et arc). Évidemment, il est possible de créer un cercle mais il aurait des vertex qui ne sont pas arrondis. On peut terminer le dessin de 2 manières. Si l’utilisateur décide de cliquer sur le dernier sommet qu’il a inséré, la primitive vectorielle va être insérée dans la scène avec aucun remplissage. Lorsque la géométrie a plus de 2 lignes, il est possible de terminer l’action avec un clic droit, et ainsi obtenir une géométrie fermée ave remplissage.
* Un ou des éléments d’interface graphique offrent de la rétroaction informative visuelle à l’utilisateur et des contrôles interactifs pour influencer les états de l’application (2.5) : cet aspect est lié de près avec 2.2, car les contrôles sont évidemment interactifs (il faut glisser les contrôles pour changer la couleur). Il est aussi possible de voir le niveau de chaque élément de couleur RGB(A), l’épaisseur de la ligne, le curseur qui est actif, la couleur de remplissage et la couleur d’arrière-plan. Notre outil de sélection affiche aussi la boîte de sélection avec le déplacement de la souris.

La troisième partie du projet était fixé sur les transformations. Pour cette partie, nous avons implémenté les aspects suivants.

* Tous les éléments visuels présents dans une scène sont organisés dans une ou des structures de données qui permettent l’ajout, la suppression et la sélection d’éléments (3,1) : Lorsque l’outil de sélection est actif, il est possible de cliquer sur un élément géométrique dans le fenêtre ou de dessiner un rectangle de sélection. Notons qu’une zone de sélection créée de gauche à droite sélectionnera seulement les objets qui sont totalement contenus dans cette zone, alors qu’une zone de sélection dessinée de droite à gauche va sélectionner tous les objets qui sont contenus ou qui touchent la zone dessinée. Ces objets feront désormais partie de la sélection active, et certaines options deviendront disponibles.

* Il est possible de sélectionner plus d’une instance des éléments visuels présents dans une scène et de modifier sur chaque élément de la sélection la valeur de certains attributs qu’ils ont en commun (3,2) : Le principe pour cette fonction est similaire à (3,1). Nous pouvons encadrer plusieurs éléments dans la fenêtre avec le « select tool » et une fois ces éléments sélectionnés, il est possible de modifier leurs attributs S’ils ont des attributs en commun, la modification qui va être faite va s’appliquer sur tous les éléments affectés. S’ils ont des différences, les éléments différents peuvent tout de même être modifiés, mais les changements vont seulement affecter les éléments qui supportent la modification.

* Il est possible de modifier de manière interactive la translation, la rotation et la proportion des éléments visuels présents dans une scène (3,3) : La translation d’un élément peut changer sois les coordonnes de l’axe « X » ou de l’axe « Y ». Un panneau « ofxGUI » est utilisé pour modifier ces variables. Le principe est le même pour la rotation et la proportion. Des panneaux « ofxGUI » ont été créés pour contrôler les variables de rotation et de proportion et quand l’élément du panneau est changé, les variables changent aussi, ce qui change la composante dans la scène.
* Il est possible d’annuler ou de refaire (undo / redo) les dernières actions interactives qui ont un impact sur la transformation des éléments visuels présents dans une scène (3,4) : lorsqu’un élément visual est ajouté dans notre classe de scène, nous assignons à cet objet un identificateur unique. Ainsi, il est impossible d’ajouter 2 fois la même géométrie, et on peut contrôler l’ajout. Lorsqu’un outil modifie des éléments de la scène, l’outil doit d’avoir en faire une copie, un *clone*. Lorsque l’élément cloné et modifié est renvoyé à la scène, il est trivial de détecter qu’on en avait déjà une copie. On garde ainsi l’historique des éléments qui ont été modifiés, et on se base sur ça pour le *undo* et le *redo*.

La quatrième partie du projet était fixé sur la géométrie. Pour cette partie, nous avons implémenté les aspects suivants.

* Une option permet de dessiner les arêtes d’une boite d’une taille juste assez grande pour envelopper tous les sommets d’un modèle 3D pour chaque type de modèle qu’il est possible d’utiliser avec l’application (4,1) : lorsqu’on ajoute une géométrie à la scène, nous allons chercher le minimum et le maximum sur chaque axe, ce qui nous donne deux points en 3 dimensions qui nous permettent de dessiner une boîte de délimitation. Si l’élément est en 2D, la boîte va seulement avoir des lignes le long des axes de X et d’Y, alors qu’en 3D elle va avoir des lignes le long des axes de X, Y et Z.
* Il est possible de dessiner des instances d’au moins 2 types de modèles 3D importés à partir d’un fichier externe (4,3) : Cet aspect est assez simple, car avec l’intégration de la librairie *ofxAssimpModelLoader*, plusieurs types de fichiers peuvent être lus et affichés en tout simplicité. Nous avons simplement créé une classe *wrapper* qui gère les modèles provenant de cette librairie de la même manière que tout le reste de notre géométrie.

La cinquième partie du projet était orientée vers la manipulation de textures sur les objets. Les fonctionnalités suivantes ont été ajoutées au code.

* L’utilisateur est capable de composer deux textures ensembles pour arriver à un résultat où il peut observer la contribution de chacune des textures sur la scène. Pour ce faire, il n’a qu’à ajouter une photo, la sélectionner avec l’outil de sélection et il peut ensuite appuyer sur la touche d’ajout de texture. Lorsque cette action est effectuée, une fenêtre d’exploration de fichier s’ouvre et l’utilisateur peut choisir le fichier de texture à ajouter à son image pour la charger en mémoire. Par la suite, le code du *shader* en *glsl* est importé et généré et une espace mémoire est allouée au *fbo*. À ce point-ci, la texture de l’image et la nouvelle texture sont chargées dans le *shader* et un *draw* est appellé sur l’image. Ce qui a pour effet de mettre sur le *fbo* la nouvelle texture qui peut être ensuite conservé en mémoire comme étant une nouvelle image.

**Fonctionnalités (TP2)**

Pour ce qui est des fonctionnalités de caméra, nous avons implémenté les fonctionnalités suivantes :

* Il est possible de transformer une caméra par rapport à une ou des entités géométriques […] (6.1). L’utilisateur est en mesure de modifier les paramètres de la vue active (celle où son curseur réside) en utilisant la molette de la souris. Lorsqu’on l’envoie de l’avant, l’application réagit en déplaçant la caméra en direction de son axe Z positif et se rapproche ainsi des entités affichées, et vice-versa lorsqu’on l’envoie vers l’arrière. L’utilisateur peut aussi faire un *press and hold* sur la molette afin d’effectuer un mouvement panoramique, ou une rotation si la touche SHIFT a été maintenue lors de l’appui sur la molette. L’action courante d’édition ou de sélection est suspendue lors de la modification de la vue, et pourra reprendre une fois la modification terminée. La modification se termine si l’utilisateur relâche la molette pour confirmer, ou s’il fait un clic droit ce qui remet la vue dans son état initial.
* Mode de projection […] (6.2). À tout moment, il est possible de passer de la projection perspective à la projection orthogonale pour toutes les caméras avec un simple clic sur l’icône prévu à cet effet.
* Agencement. Il est possible de voir une scène de plusieurs points de vue différents […] (6.3). Dans la barre d’outils supérieure, l’utilisateur a la possibilité de cliquer sur l’icône et ainsi active une seconde caméra. Celles-ci peuvent être orientées de manière indépendante et peuvent toutes deux être utilisées pour de l’édition. Par ailleurs, le rendu se fait de manière simultanée dans chaque vue.
* Occlusion. L’application utilise une technique d’occlusion autre que celles de base […](6.4). Dans notre application, nous avons fait l’implantation d’une structure de type *bounding volume hierarchy (BVH)*. Celle-ci est contenue dans notre objet de scène et permet d’effectuer des recherches dans l’espace 3D de manière efficace. La structure est mise à jour à chaque fois qu’un objet de la scène est inséré, modifié ou supprimé. Cette structure est utile pour notre outil de sélection, mais sert principalement à la classe de rendu. Chaque fois qu’on doit rendre la scène, il faut faire une requête (par caméra) pour déterminer quelles géométries sont visibles afin de les dessiner. Cette structure nous permet d’éliminer plusieurs géométries qui n’auront pas à être dessinées puisqu’on ne les verrait pas de toute façon.

Pour ce qui est des fonctionnalités de l’illumination, nous avons implémenté les fonctionnalités suivantes :

* Au moins 3 éléments visuels d’une scène ont une surface avec un matériau sélectionné parmi un ensemble d’au moins 3 matériaux différents (7.2) : Lorsqu’un élément de la scène est sélectionné, il est possible d’aller dans l’outil d’édition des propriétés et de sélectionner un matériau à appliquer. Nous offrons un choix de 3 matériaux différents, ou encore le choix d’appliquer aucun matériau.
* Il est possible d’avoir au moins une instance de 4 types de lumières différents (7.3) : l’utilisateur a l’option de placer une lumière dans la scène à partir de l’outil *place light tool*. Une fois cet outil choisi, il est ensuite possible de changer le type de lumière que nous voulons placer et de paramétrer celle-ci convenablement. Nous proposons les types de lumière suivants : ponctuelle, directionnelle, projecteur ou de type surface. Il est aussi possible de placer plusieurs lumières dans la même scène et on peut aussi orienter les éléments de lumière autour des axes *x, y, z*.
* Possibilité d’avoir au moins 4 différentes instances de lumière dynamique, dont la couleur, la position et l’atténuation […] (7.5) : Quand l’outil de lumière est activé, l’utilisateur a toujours le choix de soit placer la lumière directement dans la scène, ou garder la lumière sur la position de la souris. Il est aussi possible pour l’utilisateur de changer la couleur diffuse, la couleur spéculaire et la couleur ambiante de la lumière. L’atténuation de la lumière peut aussi être changée et toutes ces variables sont prises en compte quand un objet est illuminé dans la scène.

Pour ce qui est des fonctionnalités du lancer de rayon, nous avons implémenté les fonctionnalités suivantes :

* Intersection. L’application est capable de calculer l’intersection entre un rayon et au moins 2 types de primitives géométriques : pour cette fonctionnalité, nous avons développé nos propres classes de primitives géométriques. Ce code est principalement sollicité par notre outil de sélection. Puisque tous nos éléments possèdent une boîte de délimitation, il était logique d’implémenter l’intersection avec un plan ainsi qu’avec une boîte. Par ailleurs, nous avons aussi fait l’intersection avec une ligne dans l’espace afin de pouvoir sélectionner facilement les éléments créés par nos outils de dessin. Puisque ce type d’intersection est presque impossible étant donné l’épaisseur d’une ligne, nous cherchons la distance la plus petite séparant le rayon lancé et la ligne, puis on effectue une comparaison avec une tolérance.
* Une technique de rendu inspirée des principes du lancer de rayon est utilisée pour rendre au moins 1 effet de réflexion (8.2) : Il est possible de générer une scène à partir de l’application qui utilise la technique du *Raytracer.* Dans cette scène, nous pouvons voir l’utilisation du raytracer pour créer un effet de réflexion sur un des objets dans la scène.
* Une technique de rendu inspirée des principes du lancer de rayon est utilisée pour rendre au moins 1 effet d’ombrage (8.4) : Il est possible de générer une scène à partir de l’application qui utilise la technique du *Raytracer.* Dans cette scène, nous pouvons voir que le raytracer a été utilisé pour créer un effet d’ombrage par rapport à un des objets et la lumière de la scène.

Pour ce qui est des fonctionnalités de la topologie, nous avons implémenté les fonctionnalités suivantes :

* Il est possible de rendre au moins 2 types de courbes cubiques avec 4 points de contrôle […] (9.1) : Il est possible de sélectionner le bouton de l’outil *place parametric curve* qui permet à l’utilisateur de placer une courbe Hermite ou une courbe de Bézier. Le choix du type de courbe se fait dans les paramètres de l’outil situés à droite de l’écran. Ensuite, il faut simplement entrer les 4 points de contrôle. Notons que pour placer une courbe de Hermite, les deux points de contrôle sont insérés en premier, puis les deux points qui définissent les vecteurs. Tout comme nos autres outils de dessin, on peut changer le style et la taille de la courbe. Le tracé résultant correspond à un échantillonnage de la courbe formé d’une centaine de segments de droite.
* Il est possible de rendre au moins 1 type de courbe paramétrique avec plus de 4 points de contrôle […] (9.2) : Encore une fois dans l’outil *place parametric* curve, on a la possibilité de définir et rendre une courbe paramétrique avec plusieurs points de contrôle. On peut choisir de placer une B-Spline avec autant de points qu’on veut et on peut changer la couleur et la largeur de la courbe. Il est aussi possible de choisir de placer une courbe de type Catmull-Rom qui a les mêmes propriétés de modification que la courbe de type B-Spline.
* Il est possible de rendre au moins 1 surface paramétrique […] (9.3) : Il est possible de placer une surface de Coons dans la scène en utilisant le bouton *Place Coons surface*. Une fois le bouton activé, nous pouvons décider la hauteur et la largeur de la surface et ensuite nous pouvons placer la surface dans la scène. Une fois la surface placée, il est possible de la sélectionner pour modifier certains de ses éléments. Nous pouvons changer sa position, sa couleur, son matériel et d’autres petits détails. La surface est créée de manière (presque) aléatoire à partir de 4 courbes de Bézier cubiques. La hauteur de chaque point de contrôle est aléatoire. Ainsi, placer plusieurs surfaces va donner des résultats différents.
* Un algorithme permet de générer au moins 1 maillage triangulaire à partir d’un ensemble de sommets […] (9.5) : Le maillage triangulaire est généré lorsqu’on effectue le placement d’une surface de Coons. Les 4 courbes sont échantillonnées en plusieurs endrois, et nous faisons une triangulation de Delaunay sur l’ensemble de points résultants. Par défaut, le maillage va être rendu dans la scène en fil de fer, mais il est possible de sélectionner le maillage et de modifier ses propriétés pour qu’il soit rempli, donnant ainsi une belle surface incurvée.

**Ressources**

Nous avons essayé de faire le projet en utilisant du code généré par nous-mêmes. Pour la majorité du projet, nous avons réussi à faire ça, mais il y a évidemment des places où nous avions besoin d’utiliser des ressources externes.

Grâce à openFrameworks, nous avions des outils à notre disposition qui nous ont facilité la tâche pour certains éléments de l’application. Un des outils que nous avons utilisé est ofxGui. Cette classe est utilisée pour créer des interfaces graphiques simples pour l’usager. Nous avons créé des panneaux interactifs qui permettent à l’usager de modifier des attributs de certaines composantes dans la scène. En déplacent les éléments dans l’interface, les variables sont mises à jour et changent l’apparence de la composante dans la scène par l’entremise de rappels de fonctions que nous avons préalablement configurés.

Nous avons aussi utilisé ofxAssimpModelLoader qui permet de charger en mémoire et traiter des modèles 3D de manière pratique. Il faut simplement déclarer une variable de type ofxAssimpModelLoader et de charger le modelé avec les fonctions appropriées. Il est ensuite assez facile de dessiner les aspects désirés avec les autres fonctions.

Le forum d’openFrameworks nous a aussi aidés durant le projet. Quand nous avons des problèmes, ou nous n’étions pas sur de comment approcher un aspect du projet, le forum a été un outil de référence pour des solutions. Par contre, nous avons essayé de ne pas trop nous fier à cet outil, car, comme il est mentionné, nous voulions essayer de créer quelque chose original.

GitHub a aussi été utile pour le projet, car nous pouvions aller voir les exemples du professeur pour nous aider. Avec la base du code que le professeur nous montrait, il était plus facile de créer un aspect du projet que d’avoir à tout commencer à zéro.

Pour notre *Raytracer*, nous avons suivi un tutoriel sur *YouTube* pour avoir une meilleur idée de comment utiliser cette méthode dans notre projet.

**Présentation**

**Alexandre Gagnon**

Originaire de Québec et diplômé au baccalauréat en génie informatique depuis 2014, je travaille depuis 3 ans chez Bentley Systems en tant que développeur sur un projet dans le domaine du génie civil. J’ai toujours eu de l’intérêt pour les problèmes mathématiques, la géométrie 3D. Je prends des cours comme celui-ci afin de parfaire mes connaissances sur des aspects de la programmation que je n’ai pas eu la chance d’explorer lors de mon passage initial à l’Université Laval.

**Samuel Parent**

Je suis originaire du Québec et je vais à l’Université Laval depuis 2 ans. Je suis dans le programme baccalauréat en informatique depuis le début de mes études. Je me considère assez nouveau dans le monde de la programmation étant donné que ça fait environ 2 ans — 2 ans et demi que j’en fais alors j’essaye d’absorber autant d’information possible des gens avec qui je travaille. J’ai choisi ce cours, car je crois qu’il est important de voir tous les aspects de l’informatique avant de prendre une décision sur le domaine dans lequel on veut travailler. Le cours m’avait l’air très intéressant et je ne suis pas déçu d’avoir choisi de le prendre.