



Travail Pratique #2

Application graphique Paint3D+

présenté à
Philippe Voyer

par
Équipe 23

Université Laval
13 Mars 2016

Sommaire

L'application Paint3D+ que nous développons est un programme d'édition graphique interactif dans le style de PaintdotNet. Elle comporte 2 modes : mode 2D et mode 3D.

Concrètement, l'application permet de construire des primitives vectorielles en 2D (ligne, triangle, rectangle et cercle) et d'afficher un modèle 3D pour ensuite modifier ses propriétés. Il est aussi possible d'importer des images et d'exporter le contenu de la scène en image.

Une interface intuitive est affichée lors du démarrage du programme et l'utilisateur peut interagir à l'aide des menus et des panneaux graphiques. D'autres possibilités de manipulation sont aussi décrites plus loin dans le rapport.

Toutes les entités géométriques sont organisées dans une hiérarchie de classes et elles peuvent être manipulées par différentes méthodes, telles que l'application de translations, rotations, changement d'échelle, etc. Les primitives peuvent être aussi être composées dans une seule entité.

Interactivité

2.1 Aperçus de l'interface graphique

Voici quelques aperçus de l'interface graphique aux figures 2.1, 2.2, 2.3, 2.4.

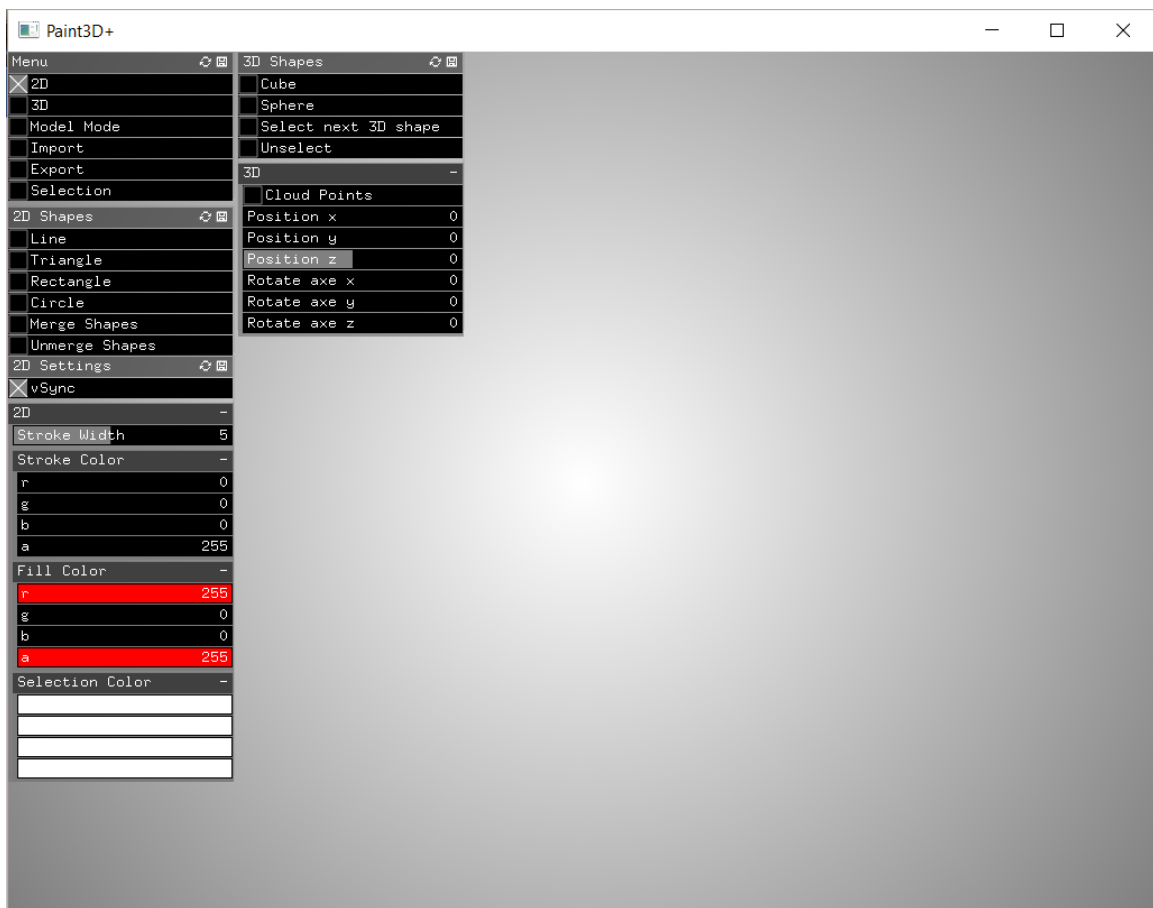


FIGURE 2.1 – Interface graphique à l'ouverture

Voici un aperçu de l'interface graphique lors de l'ajout de formes 2D.

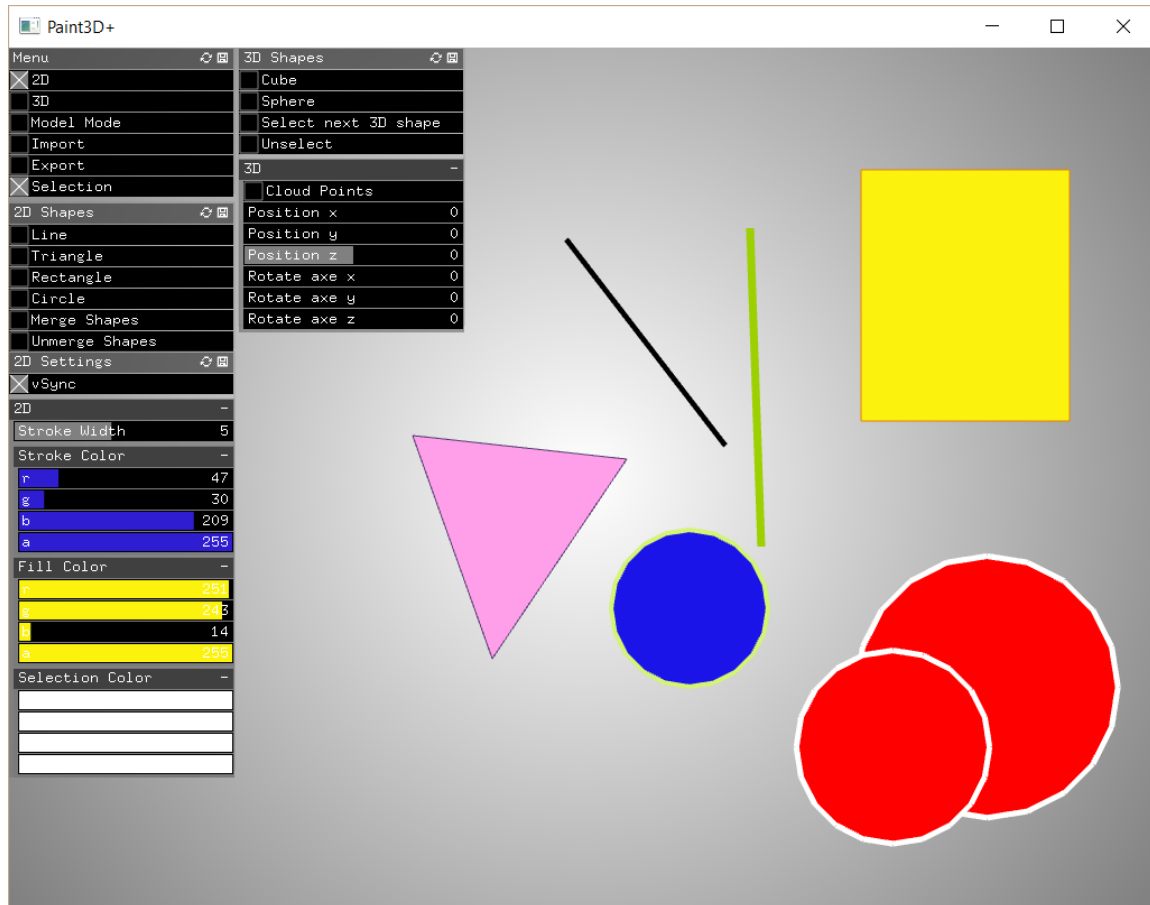


FIGURE 2.2 – Interface graphique en mode 2D

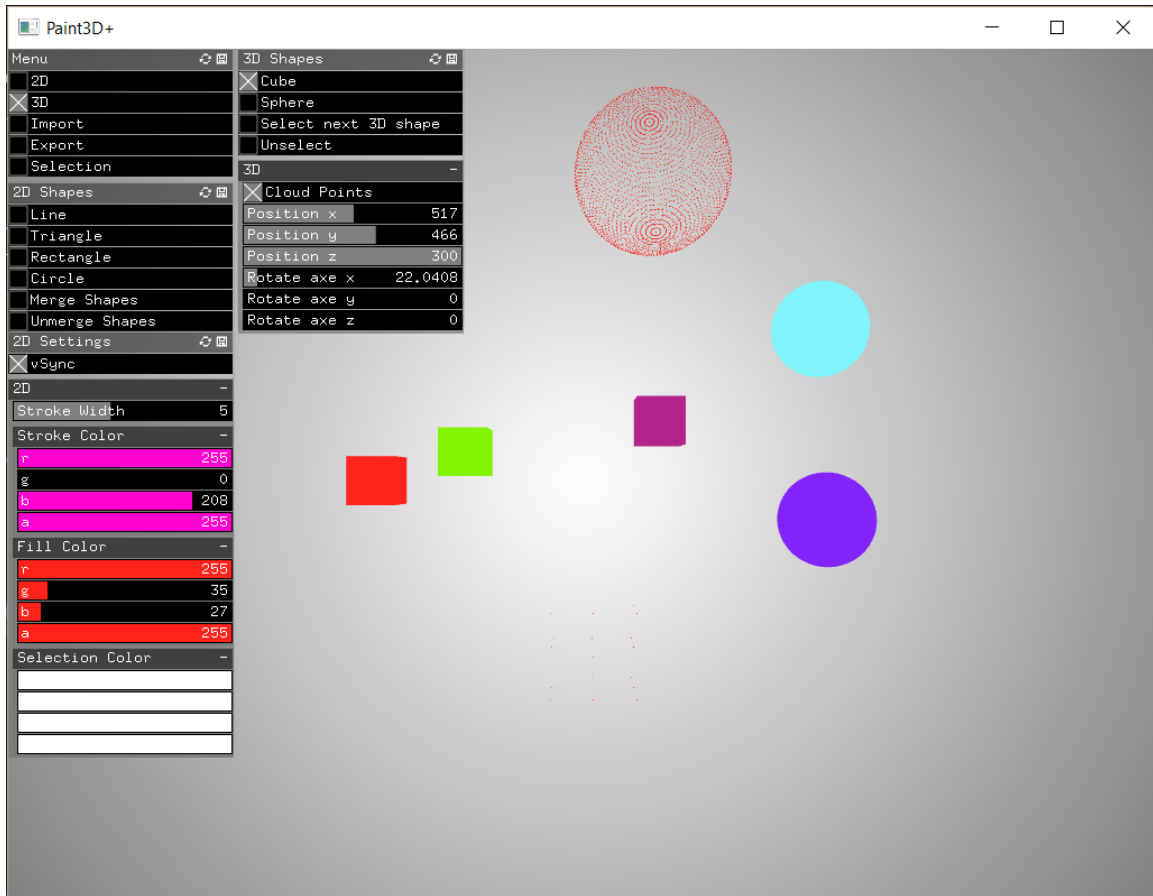


FIGURE 2.3 – Interface graphique en mode 3D

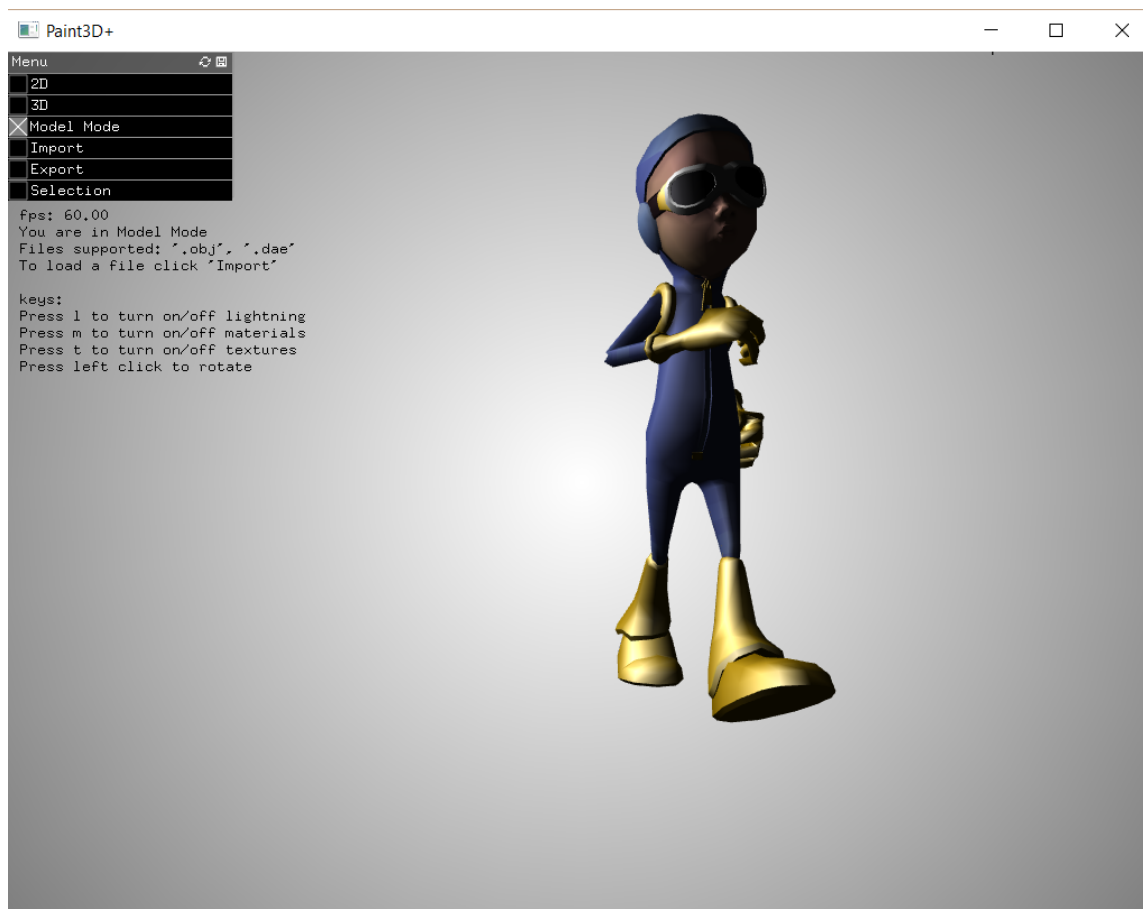


FIGURE 2.4 – Interface graphique en mode modèle

2.2 Détails de l'interface graphique

L'interface graphique permet de choisir une scène de rendu 2D, 3D ou de modèle selon le choix de l'utilisateur. De plus, il est possible d'importer des images en mode 2D et d'exporter la scène sous forme d'image de format png à l'aide d'un dialogue de d'importation ou d'exportation. Le dernier item de la section Menu permet la sélection des différents objets de la scène 2D.

- **2D** : Permet l'édition d'une scène de rendu 2D.
- **3D** : Permet l'édition d'une scène de rendu 3D.
- **Model Mode** : Permet l'importation d'un modèle 3D.
- **Import** : Permet l'importation d'une image dans la scène.
- **Export** : Permet l'exportation de la scène de rendu, sans les différents menus, sous forme d'une image de format png.
- **Selection** : Permet la sélection d'un ou de plusieurs objets 2D.

2.2.1 2D Shapes

Il est possible de dessiner quatre sortes de primitives vectorielles, en plus d'offrir la possibilité de fusionner ces primitives, une fois qu'elles sont créées, ou de les défusionner avec les boutons Merge Shapes et Unmerge Shapes.

Dans le cas de la ligne, du rectangle et du cercle, l'utilisateur clique en un premier point et se déplace dans l'écran afin de cliquer une seconde fois et former la primitive.

Pour ce qui est du triangle, l'utilisateur doit cliquer en trois points différents.

- **Line** : Permet la création d'une ligne.
- **Triangle** : Permet la création d'un triangle.
- **Rectangle** : Permet la création d'un rectangle.
- **Circle** : Permet la création d'un cercle.
- **Merge Shapes** : Permet la création d'un objet 2D regroupant les formes sélectionnées.
- **Unmerge Shapes** : Permet de détruire l'objet 2D issu d'une fusion de formes. Les primitives vectorielles peuvent donc être manipulées individuellement.

2.2.2 2D

Cette section de l'interface graphique regroupe les options de lignes de contour et de remplissage.

- **Stroke Width** : Permet l'ajustement de la largeur de la ligne de contour entre 1 et 10.
- **Stroke Color** : Permet l'ajustement de la couleur de la ligne de contour sous forme RGBA.
- **Fill Color** : Permet l'ajustement de la couleur de remplissage sous forme RGBA.
- **Selection Color** : Permet l'ajustement de la couleur de sélection sous forme RGBA. Cette couleur permet de déterminer quel ou quels objets 2D sont sélectionnés en modifiant la couleur de la ligne de contour lors d'une sélection.

2.2.3 3D Shapes

Cette section de l'interface graphique permet de faire l'ajout de formes 3D lorsque le mode 3D est activé.

- **Cube** : Permet d'ajouter un cube.
- **Sphere** : Permet d'ajouter une sphère.
- **Select next 3D shape** : Permet de parcourir et sélectionner les formes 3D une à une.
- **Unselect** : Permet de désélectionner une objet 3D.

2.2.4 3D

Cette section de l'interface graphique permet de faire l'ajout de formes 3D lorsque le mode 3D est activé.

- **Cloud points** : Permet d'ajouter un cube.
- **Position $x/y/z$** : Permet de changer la position de l'objet 3D selon l'axe désiré.
- **Rotate $x/y/z$** : Permet d'effectuer une rotation de l'objet 3D autour de l'axe désiré.

2.3 Utilisation de la souris et raccourcis clavier

Lorsque l'utilisateur sélectionne l'une ou l'autre des primitives vectorielles, le curseur change de forme afin de permettre à ce dernier de visualiser dans quel mode il se situe. Pour la sélection il s'agit d'un curseur normal, tandis que pour les différentes formes, le curseur prend l'apparence de la forme sélectionnée. Lorsque la souris se retrouve au dessus des différents panneaux de configuration le curseur reprend sa forme normale.

Voici les différentes fonctions de la souris selon les modes.

2.3.1 2D

- **Clic gauche** : Permet la sélection d'un objet 2D.
- **Clic gauche et déplacement** : Permet la sélection d'objets dont au moins un coin touche à la zone de sélection tracée.
- **Clic droit et ctrl** : Permet la sélection multiple.
- **Clic droit et déplacement** : Permet le déplacement d'un ou de plusieurs objet 2D.
- **Clic droit et gauche** : Permet la rotation d'un ou de plusieurs objets 2D.
- **Clic gauche et déplacement** : Permet d'ajuster la taille d'un ou de plusieurs objets 2D.
- **Touche supprimer** : Permet de supprimer un objet 2D.

2.3.2 3D

- **Touche supprimer** : Permet la suppression de l'objet sélectionné.

2.3.3 Model Mode

Lorsqu'on entre en mode modèle l'interface graphique change quelque peu afin d'afficher les raccourcis clavier à l'écran.

- **Clic gauche et déplacement** : Permet une rotation du modèle.
- **Touche l** : Permet d'appliquer ou non une lumière.
- **Touche m** : Permet d'appliquer ou non un matériau.
- **Touche t** : Permet d'appliquer ou non une texture.

Technologies

Voici les principaux outils utilisés pour la réalisation du projet.

Tout d'abord, OpenFrameworks est utilisé en tant que framework de programmation graphique. Pour ce qui est de l'environnement de développement, Visual Studio est celui employé.

Architecture

Paint3D+ est organisée en plusieurs classes qui supportent ces fonctionnalités. La structure hiérarchique permet de minimaliser le volume du code nécessaire et de faciliter l'implémentation de plusieurs fonctions (comme les transformations interactives, la sélection multiple, etc.). Comme le programme fonctionne en 3 mods différents, on peut grouper les classes en 3 parties respectivement : les classes qui supportent le mode 2D, le mode 3D et la partie du rendu qui est construite autour de la casse "OfApp" (fournie initialement par Openframeworks).

La vue d'ensemble est représentée dans la figure suivante :

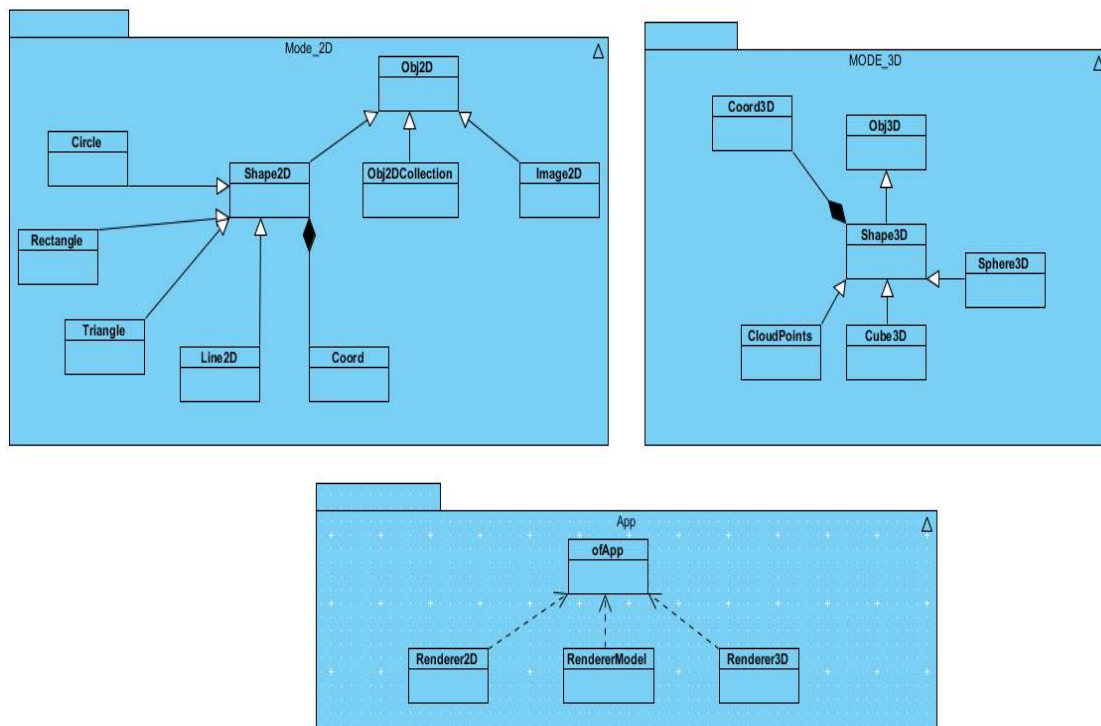


FIGURE 4.1 – Diagramme UML vue d'ensemble.

Les détails pertinents de chaque classe sont présents dans les diagrammes suivants :

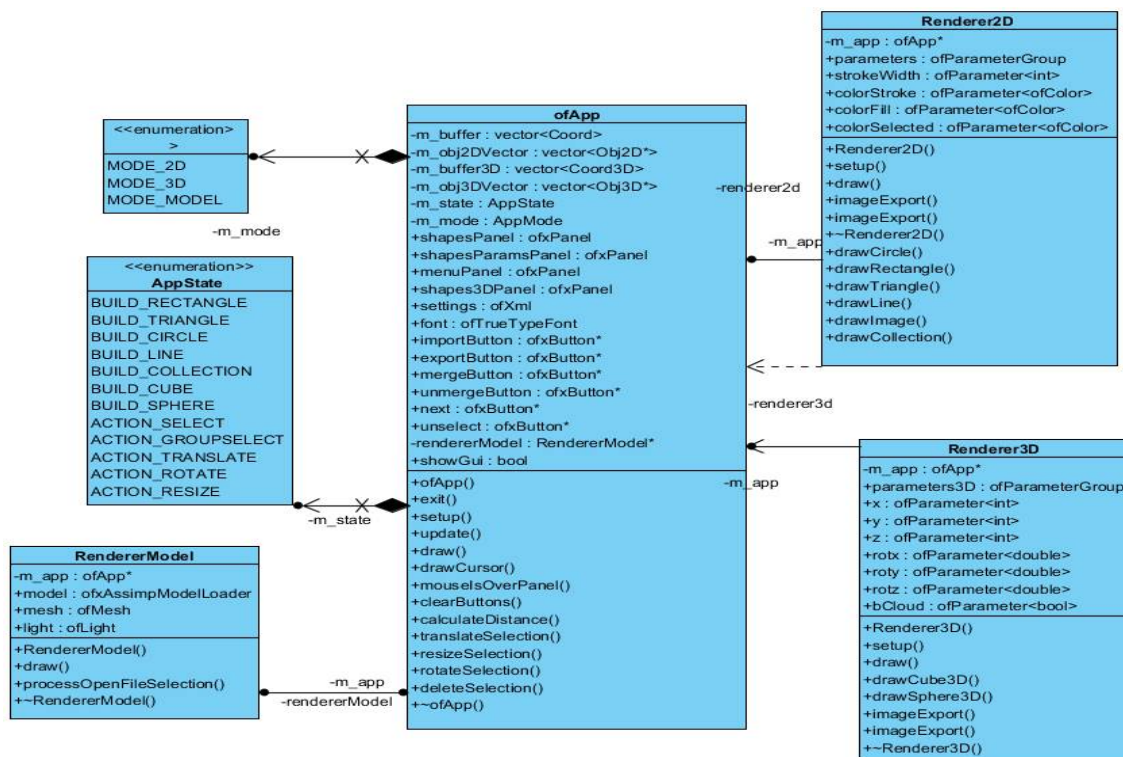


FIGURE 4.2 – Diagramme UML de ofApp.

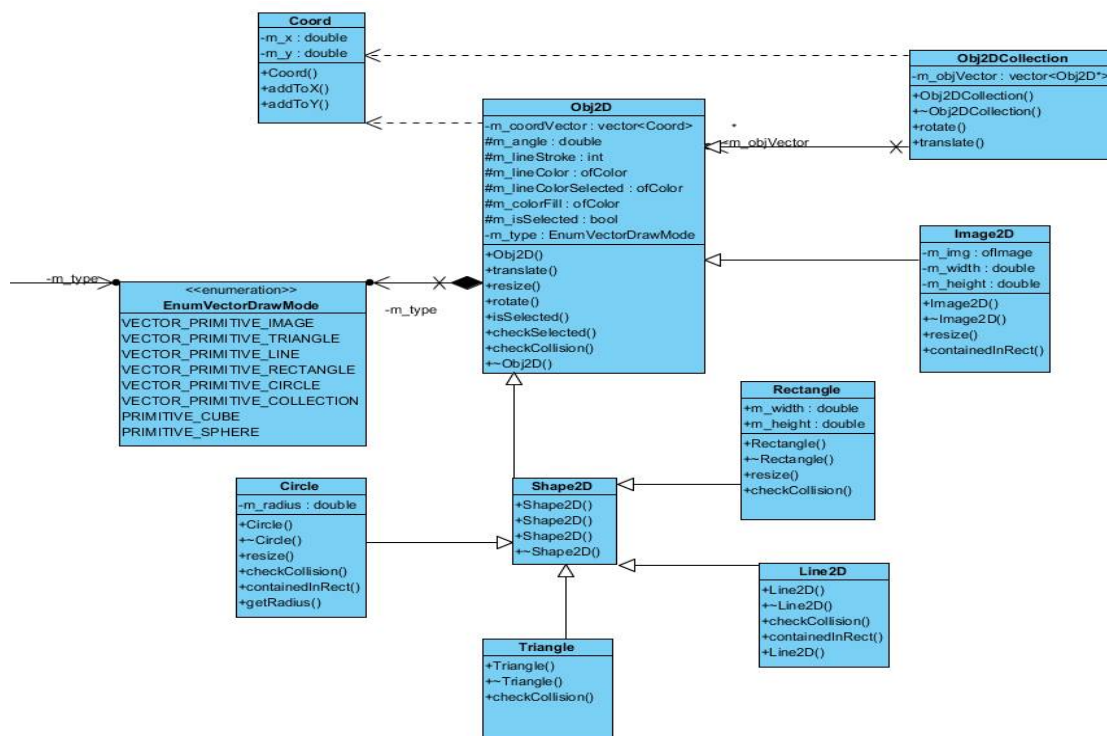


FIGURE 4.3 – Diagramme UML du 2D.

Il faut tenir compte que le rôle de ces diagrammes est de montrer l'architecteur de l'application et la logique de fonctionnement (par exemple les méthodes "set" et "get") ont été omises pour simplifier la complexité des diagrammes. Pour plus de détails, il faut consulter leur implémentation (le code dans les fichier .h et .cpp respectivement).

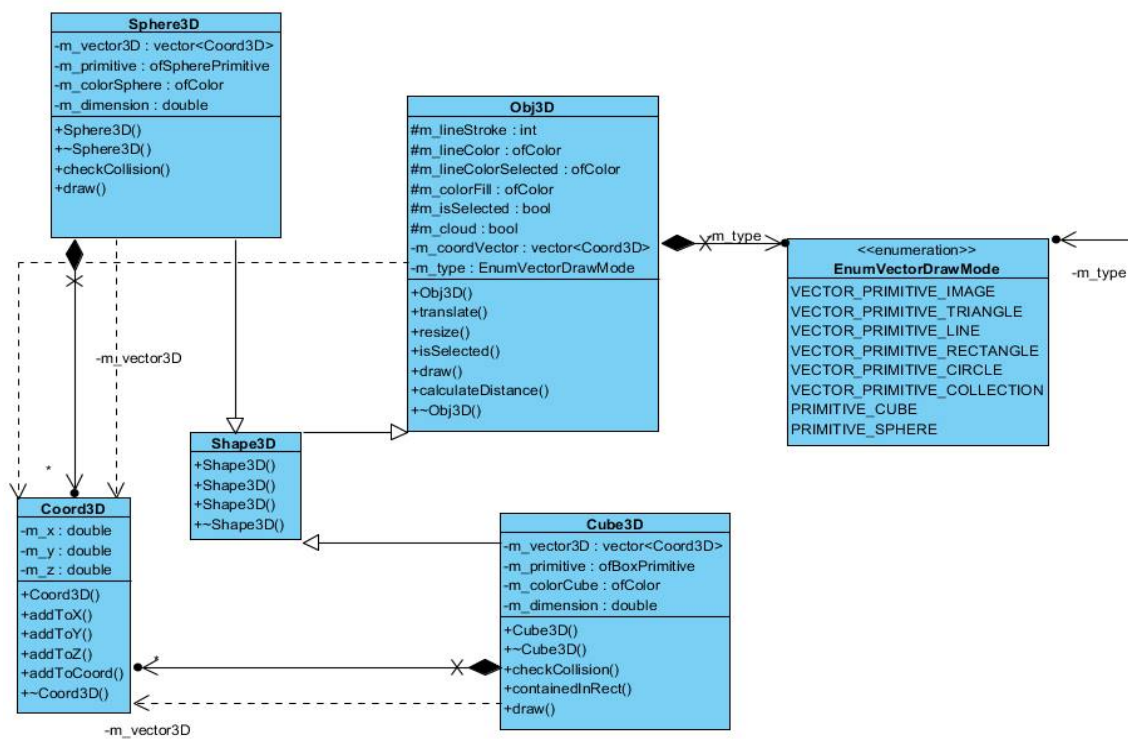


FIGURE 4.4 – Diagramme UML du 3D.

Fonctionnalités

5.1 Image

5.1.1 Importation

Pour satisfaire ce critère, l'application doit pouvoir importer des fichiers images (.jpg, .png, etc.) pour les utiliser à des fins de rendu graphique.

L'application permet cette fonctionnalité grâce à l'utilisation du bouton "Import". Celui-ci ouvre un navigateur de fichier qui permet à l'utilisateur de sélectionner facilement le fichier image voulu. Cette image est placée dans le renderer 2D, initialement avec sa taille d'origine et à la position (0,0).

Les figures suivantes montrent cette fonctionnalité.

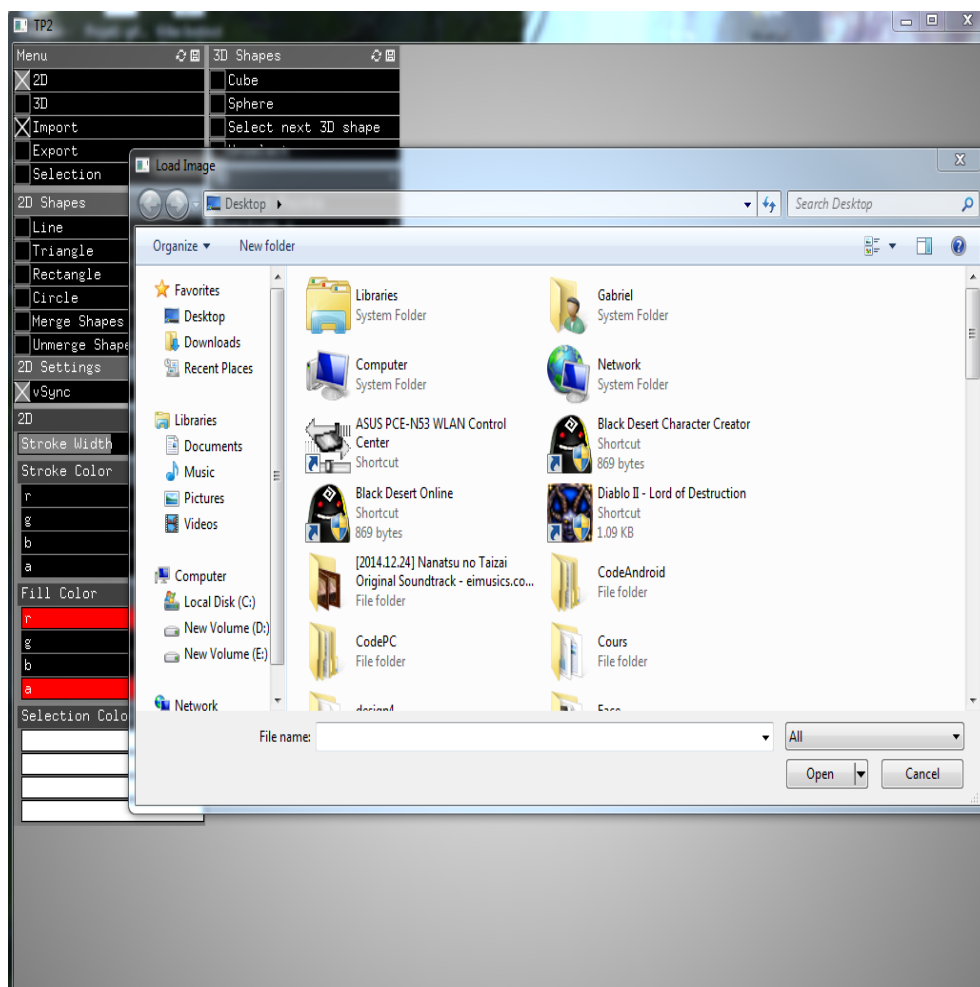


FIGURE 5.1 – Le bouton Import et son navigateur.



FIGURE 5.2 – Une image importée dans le renderer 2D.

```

if (m_mode == MODE_2D) {
    if (btnName == "Import") {
        ofFileDialogResult file = ofSystemLoadDialog("Load Image", false);
        if (file.getPath() != "") {
            app::Image2D *newImage = new app::Image2D(file.getPath(), 0, renderer2d->strokeWidth.get(),
                renderer2d->colorStroke.get(), renderer2d->colorSelected.get(), renderer2d->colorFill.get());
            if (newImage->getImage().getTextureReference().isAllocated()) {
                m_obj2DVector.push_back(newImage);
            }
        }
    }
}

```

FIGURE 5.3 – Code important de la fonctionnalité Import.

5.1.2 Exportation

Pour satisfaire ce critère, l'application doit pouvoir exporter des fichiers images (dans notre cas une image .png) et de la sauvegarder sur l'ordinateur utilisé.

L'application permet cette fonctionnalité grâce à l'utilisation du bouton "Export". Celui-ci ouvre un navigateur de fichier qui permet à l'utilisateur de choisir facilement l'emplacement de sauvegarde ainsi que le nom du fichier sauvegardé. Cette image est celle rendue sur le renderer 2D.

Les figures suivantes montrent cette fonctionnalité.

endue sur le renderer 2D.

Les figures suivantes montrent cette fonctionnalité.

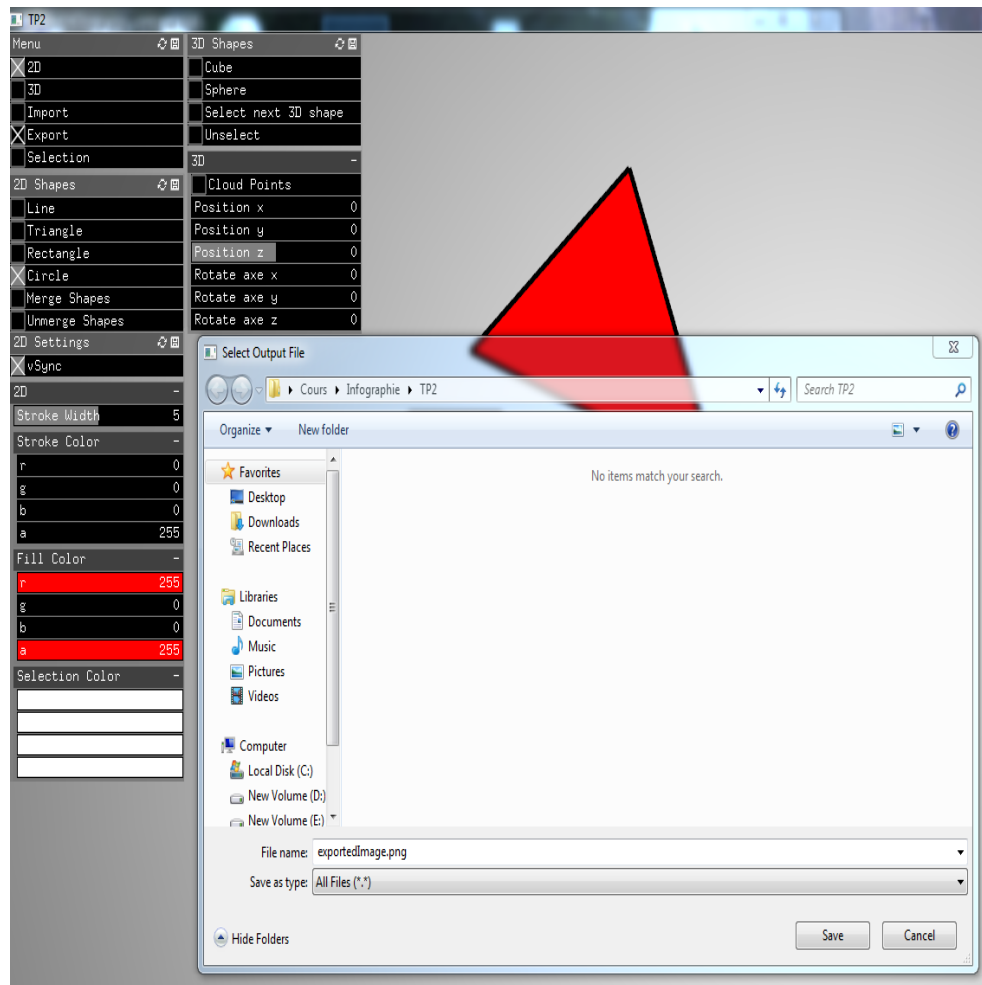


FIGURE 5.4 – Le bouton Export et son navigateur.

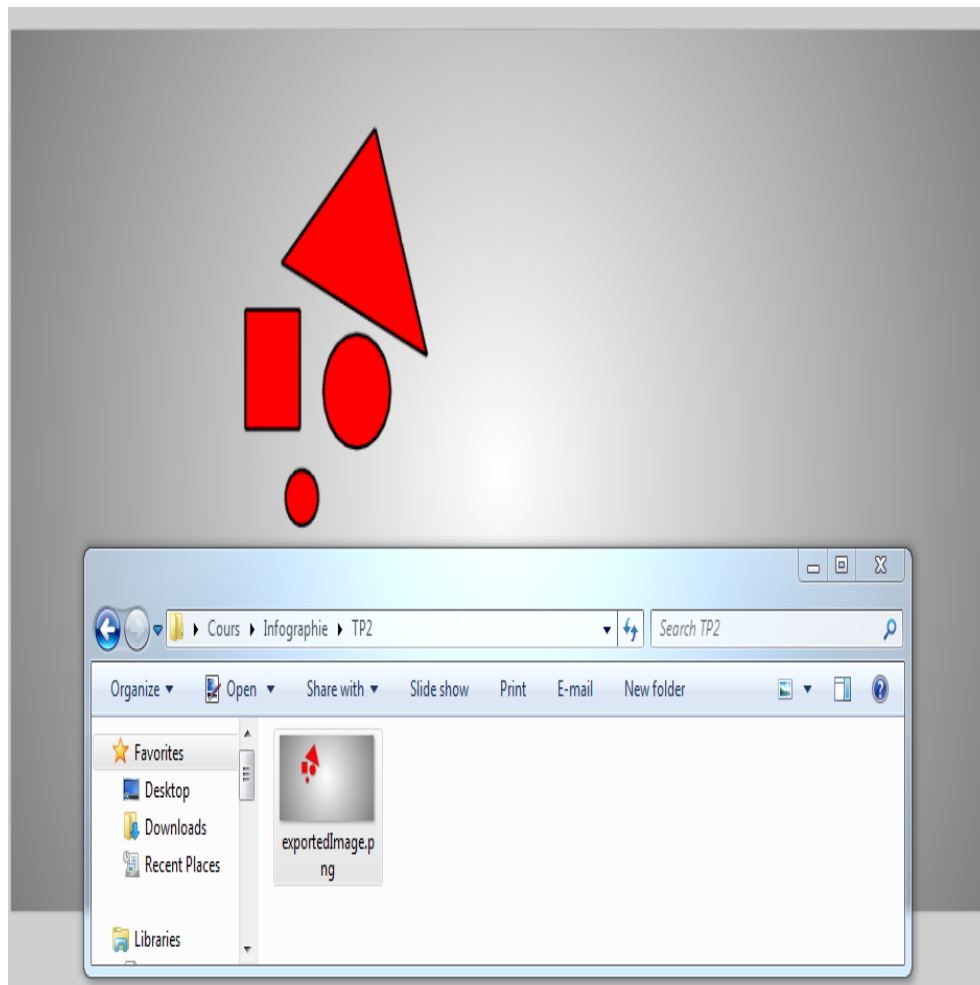


FIGURE 5.5 – Une image exportée à partir de l'application Paint3D+.

```

else if (btnName == "Export") {
    isTakingScreenshot = true;
    draw();
    isTakingScreenshot = false;

    ofFileDialogResult file = ofSystemSaveDialog("Save", "Export");

    if (file.getPath() != "") {
        renderer2d->imageExport(file.getPath(), "png");
    }
}

```

FIGURE 5.6 – Code important de la fonctionnalité Export.

5.2 Dessin vectoriel

5.2.1 Curseur dynamique

L'application permet un affichage dynamique du curseur de façon à ce que l'utilisateur obtienne une rétroaction visuelle lors de ses actions.

5.3 Transformation

5.3.1 Structure de la scène

Toutes les entités géométriques présentes dans une scène sont organisées dans une ou des structures de données qui permettent de gérer les transformations et le rendu graphique de chaque élément.

Dans notre application, la structuration des entités géométriques est faite sous forme de vecteurs (un vecteur pour le 2D et un pour le 3D). La recherche d'une entité particulière est donc faite en parcourant les vecteurs au complet.

```
class ofApp : public ofBaseApp{
public:

    std::vector<Coord> m_buffer;
    std::vector<Obj2D*> m_obj2DVector;
    std::vector<Coord3D> m_buffer3D;
    std::vector<Obj3D*> m_obj3DVector;
    AppState m_state;
    AppMode m_mode;
```

FIGURE 5.7 – Code important de la fonctionnalité Structure de scène.

Pour le mode 3D de l'application, il est possible de sélectionner chaque Primitive 3D en appuyant sur le bouton "Select next 3d shape". Une fois sélectionnée, il est possible de sa

couleur de remplissage, sa position en x, y, z, son orientation en x, y, z, de la supprimer et de la transformer en nuage de points.

Cela est possible grâce à une structure `vector<Obj3D*>` qui contient toutes les classes dérivées de `Obj3D` comme le cube ou la sphère. Voici un exemple de code le montrant :

```

27 class Renderer2D;
28 class Obj3D;
29 class Renderer3D;
30 class RendererModel;
31
32 class ofApp : public ofBaseApp{
33     public:
34
35         std::vector<Coord> m_buffer;
36         std::vector<Obj2D*> m_obj2DVector;
37         std::vector<Coord3D> m_buffer3D;
38         std::vector<Obj3D*> m_obj3DVector;
39         AppState m_state;
40         AppMode m_mode;
41         int m_clickRadius;
42         bool isTakingScreenshot;
43         bool isClearingButtonsShapes, isClearingButtonsModes;
44         bool m_firstTimeSelection;
45         int m_selectionIndex;
46
47         ofApp();
48         ~ofApp();
49         void exit();
50

```

FIGURE 5.8 – Structure de données stockant les entités 3D.


```

785 void ofApp::buildTriangle() {
786     m_obj2DVector.push_back(new app::Triangle(m_buffer, 0, renderer2d->strokeWidth.get(), renderer2d->colorStroke.get(), rende
787 }
788
789 void ofApp::buildCircle() {
790     double radius = calculateDistance(m_buffer[0], m_buffer[1]);
791     m_obj2DVector.push_back(new app::Circle(m_buffer[0], radius, 0, renderer2d->strokeWidth.get(), renderer2d->colorStroke.get()
792 }
793
794 void ofApp::buildLine() {
795     m_obj2DVector.push_back(new app::Line2D(m_buffer, 0, renderer2d->strokeWidth.get(), renderer2d->colorStroke.get(), rende
796 }
797
798 void ofApp::buildCube() {
799     m_obj3DVector.push_back(new app::Cube3D(m_buffer3D, renderer2d->strokeWidth.get(), renderer2d->colorStroke.get(), rende
800 }
801
802 void ofApp::buildSphere() {
803     m_obj3DVector.push_back(new app::Sphere3D(m_buffer3D, renderer2d->strokeWidth.get(), renderer2d->colorStroke.get(), rende
804 }
805
806 double ofApp::calculateDistance(Coord p_coord1, Coord p_coord2) {
807     double x2 = pow((p_coord1.getX() - p_coord2.getX()), 2);

```

FIGURE 5.9 – Méthode montrant comment on stock une nouvelle entité 3D dans vector<Obj3D*>.

5.3.2 Transformation interactive

Il est possible de modifier interactivement la translation, la rotation et le redimensionnement de tous les objets présents dans la scène.

Pour les transformations 2D, le code de ceux-ci à été fait au complet. L'utilisation des fonctions prédéfinie de openframeworks est seulement présente pour les images importées. Dans les autres cas, soit des paramètres de taille sont changés (width, height et radius) ou soit les coordonnées des coins et/ou du point milieu. Les transformations de redimensionnement et de rotation sont faites par rapport au point milieu de la structure (moyenne des coins/points critiques). Pour ce qui est des objets 3D, la translation est faite par position de openframeworks et l'orientation par quaternion, une fonctionnalité de openframeworks.


```

void ofApp::translateSelection(double p_x, double p_y) {
    for (Obj2D* o : m_obj2DVector) {
        if (o->isSelected()) {
            o->translate(p_x, p_y);
        }
    }
}

void ofApp::rotateSelection() {
    cout << "rotate" << endl;
    for (Obj2D* o : m_obj2DVector) {
        if (o->isSelected()) {
            o->rotate(m_buffer[0], m_buffer[1]);
        }
    }
}

void ofApp::resizeSelection() {
    for (Obj2D* o : m_obj2DVector) {
        if (o->isSelected()) {
            o->resize(calculateDistance(m_buffer[1], o->getRotationCenter()) / calculateDistance(m_buffer[0], o->getRotationCenter()));
        }
    }
}

```

FIGURE 5.11 – Code important des fonctionnalités de transformation.

```
void Obj2D::resize(double p_percent) {  
    resize(getRotationCenter(), p_percent);  
}  
  
void Obj2D::resize(Coord p_coord, double p_percent) {  
    std::vector<Coord> newCoordVector;  
    double newDistanceX = 0;  
    double newDistanceY = 0;  
    for (Coord c : m_coordVector) {  
        newDistanceX = p_percent*(c.getX() - p_coord.getX());  
        newDistanceY = p_percent*(c.getY() - p_coord.getY());  
        newCoordVector.push_back(Coord(p_coord.getX() + newDistanceX, p_coord.getY() + newDistanceY));  
    }  
    m_coordVector = newCoordVector;  
}
```

FIGURE 5.12 – Code important de la fonctionnalité de redimensionnement.

```

- Coord Obj2D::getRotationCenter() {
    double xTot = 0;
    double yTot = 0;
-   for (Coord c : m_coordVector) {
        xTot += c.getX();
        yTot += c.getY();
    }
    return Coord(xTot / m_coordVector.size(), yTot / m_coordVector.size());
}

- void Obj2D::translate(double p_x, double p_y) {
    std::vector<Coord> newCoordVector;
-   for (Coord c : m_coordVector) {
        c.addToCoord(p_x, p_y);
        newCoordVector.push_back(c);
    }
    m_coordVector = newCoordVector;
}

```

FIGURE 5.13 – Code important de la fonctionnalité de translation.

```

void Obj2D::rotate(Coord p_first, Coord p_sec) {
    Coord rotCenter = getRotationCenter();
    double vector1[] { p_first.getX() - rotCenter.getX(), p_first.getY() - rotCenter.getY() };
    double vector2[] { p_sec.getX() - rotCenter.getX(), p_sec.getY() - rotCenter.getY() };
    double angle = calculateAngle(vector1, vector2);
    angle = angle * getAngleSign(p_first, p_sec, rotCenter);
    rotate(rotCenter, angle);
}

void Obj2D::rotate(double p_degree) {
}

void Obj2D::rotate(Coord p_coord, double p_degree) {
    std::vector<Coord> newCoordVector;
    double x = 0;
    double y = 0;
    for (Coord c : m_coordVector) {
        x = c.getX() - p_coord.getX();
        y = c.getY() - p_coord.getY();
        c.setX((x*cos(p_degree*PI / 180) - y*sin(p_degree*PI / 180)) + p_coord.getX());
        c.setY((x*sin(p_degree*PI / 180) + y*cos(p_degree*PI / 180)) + p_coord.getY());
        newCoordVector.push_back(c);
    }
    m_angle += p_degree;
    m_coordVector = newCoordVector;
}

```

FIGURE 5.14 – Code important de la fonctionnalité de rotation.

En mode 3D, il est possible de changer la position x, y, z, l'orientation en x, y, z et le redimensionnement grâce aux paramètres glissant de la fenêtrés "3D Settings".

Voici le images le montrant :

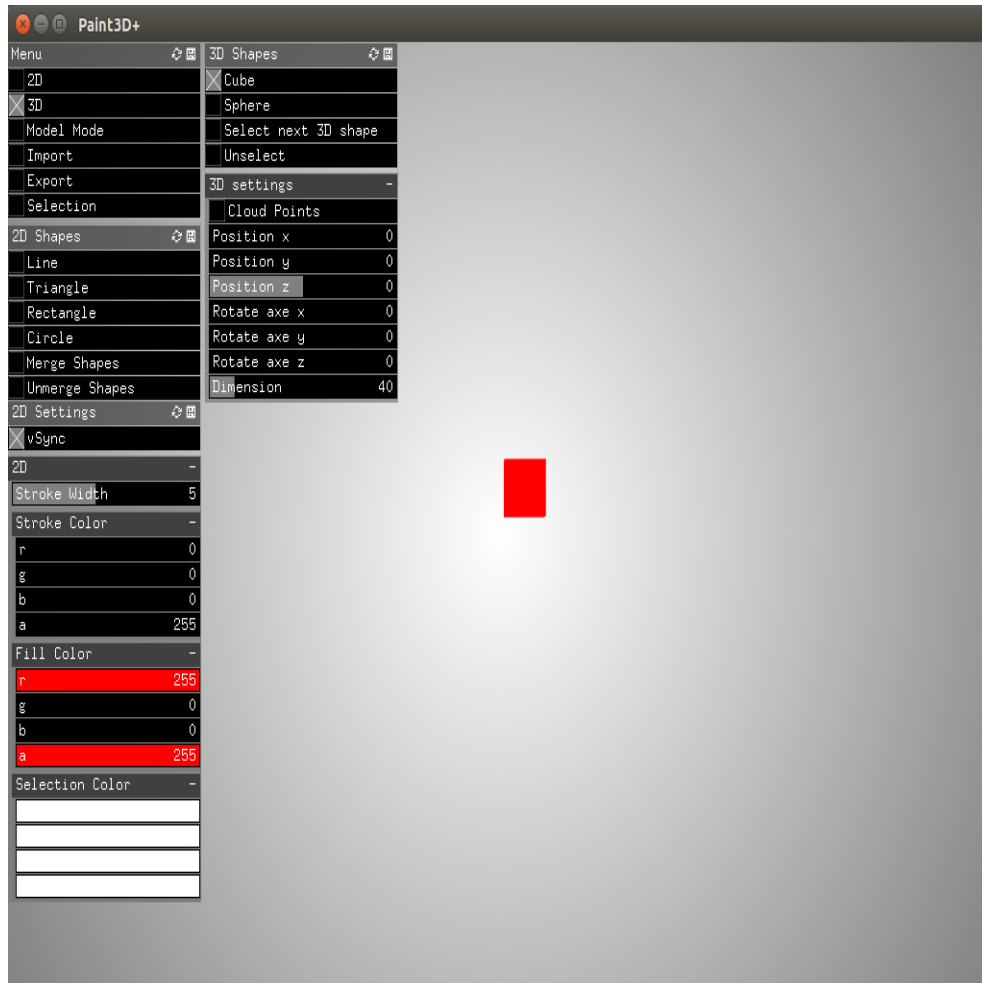


FIGURE 5.15 – Image de référence.

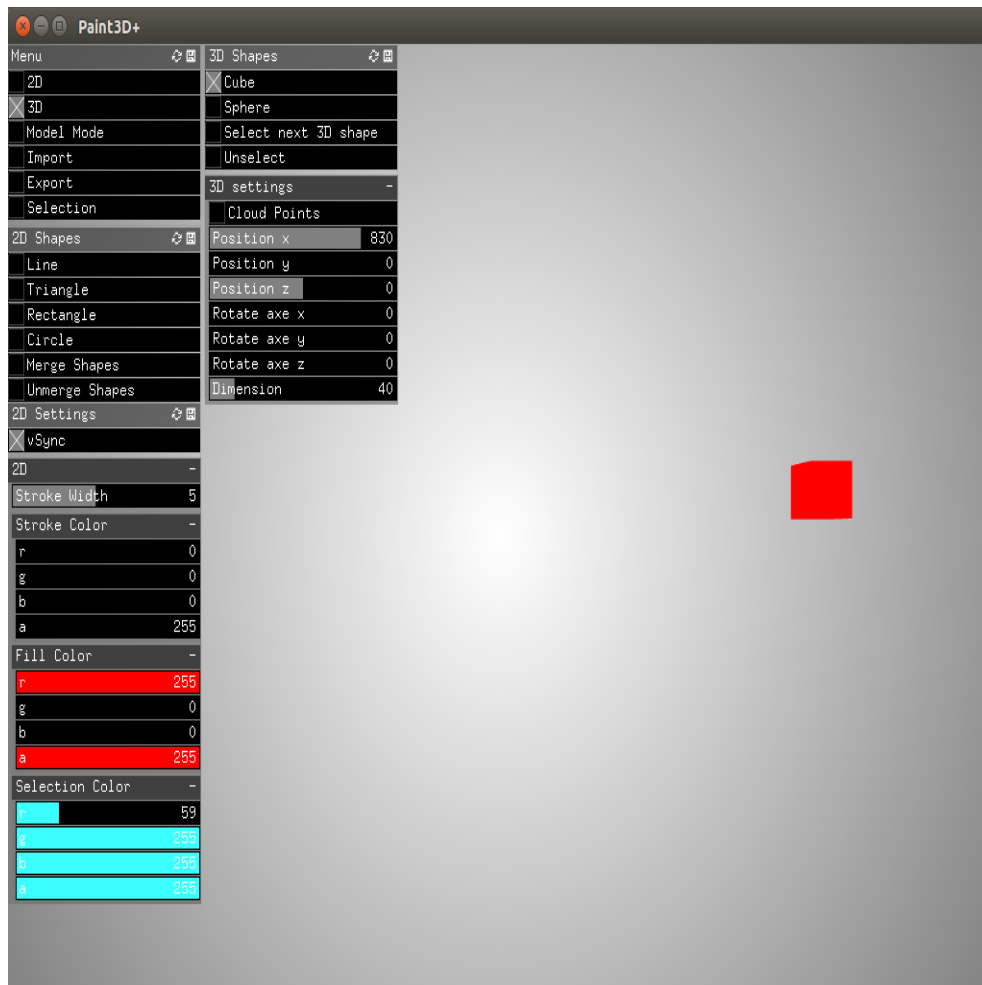


FIGURE 5.16 – Changement de Position.

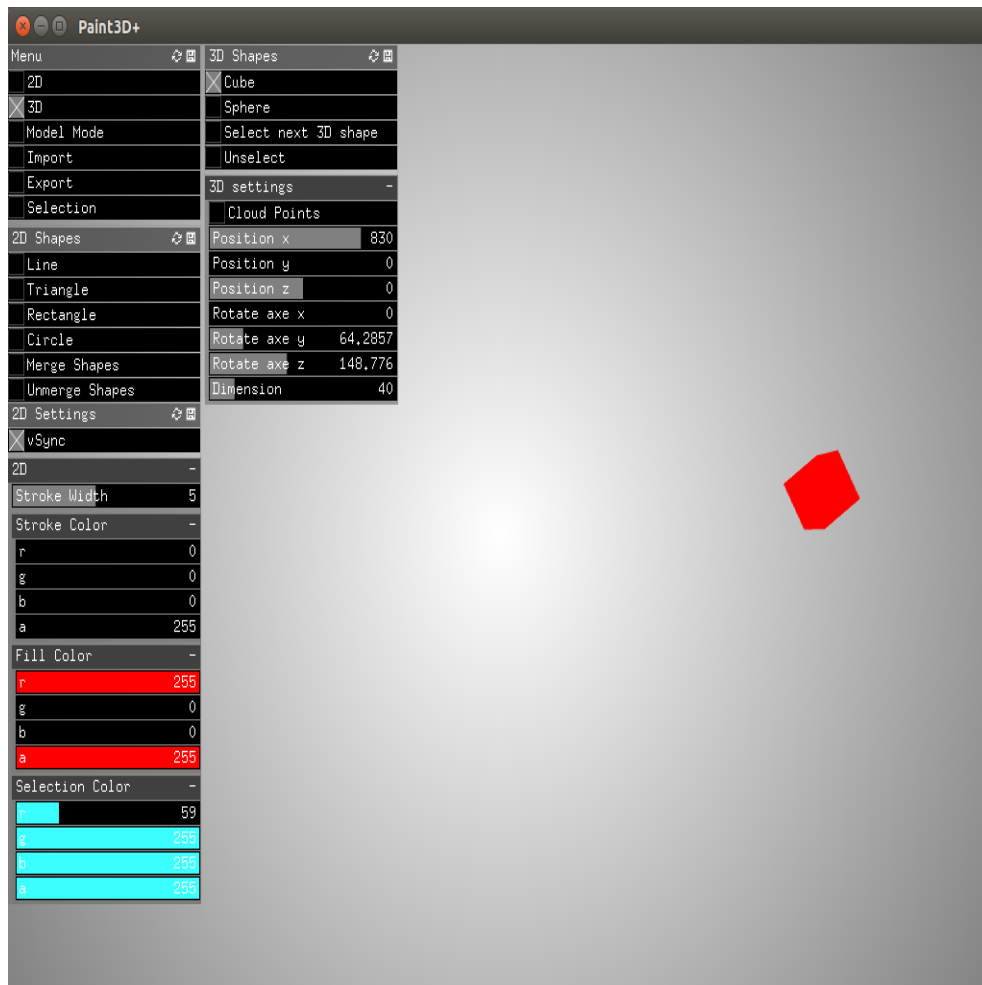


FIGURE 5.17 – Changement d'orientation.

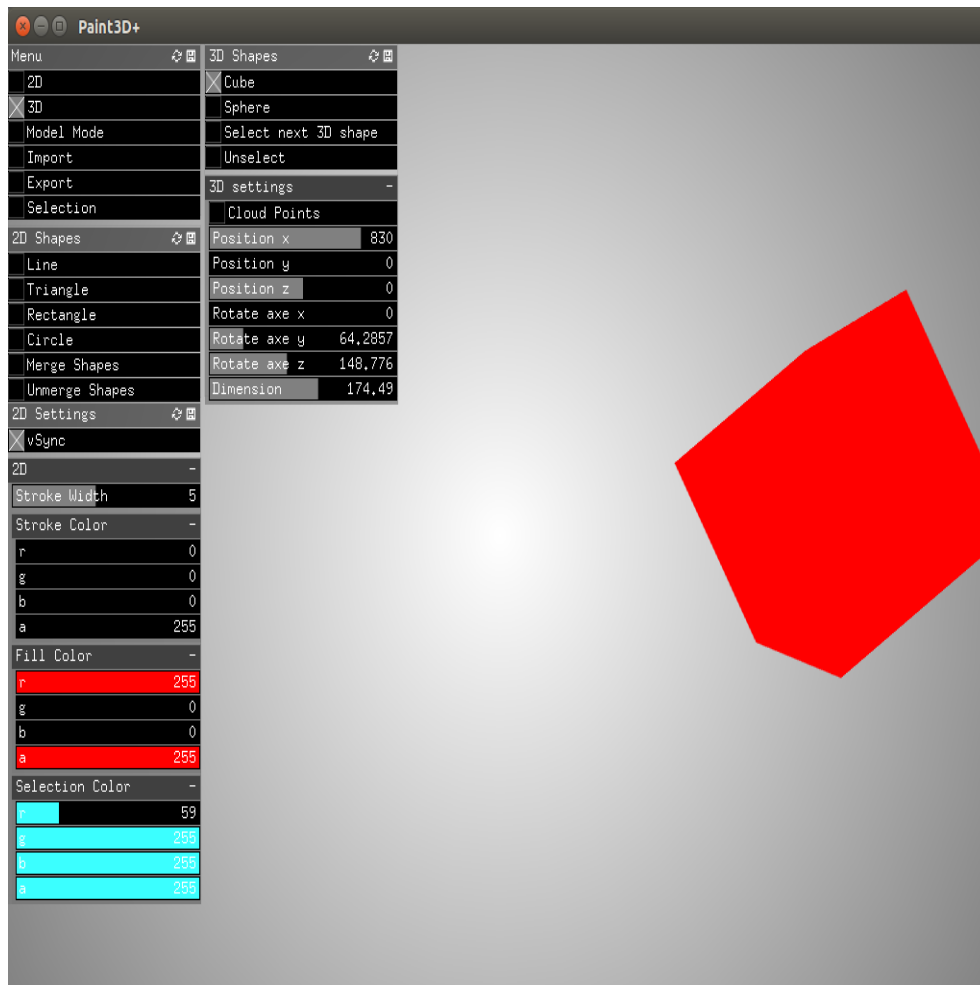


FIGURE 5.18 – Redimensionnement.

5.3.3 Sélection multiple

Il est possible de sélectionner une ou des instances d'entités visuelles présentes dans la scène et de modifier les attributs qu'elles ont en commun même si elles sont de différents types. Ces entités peuvent même être rassemblées pour créer un nouvel objet appelé `Obj2DCollection`. Cette collection emmagasine les structures sélectionnées dans un nouveau vecteur.

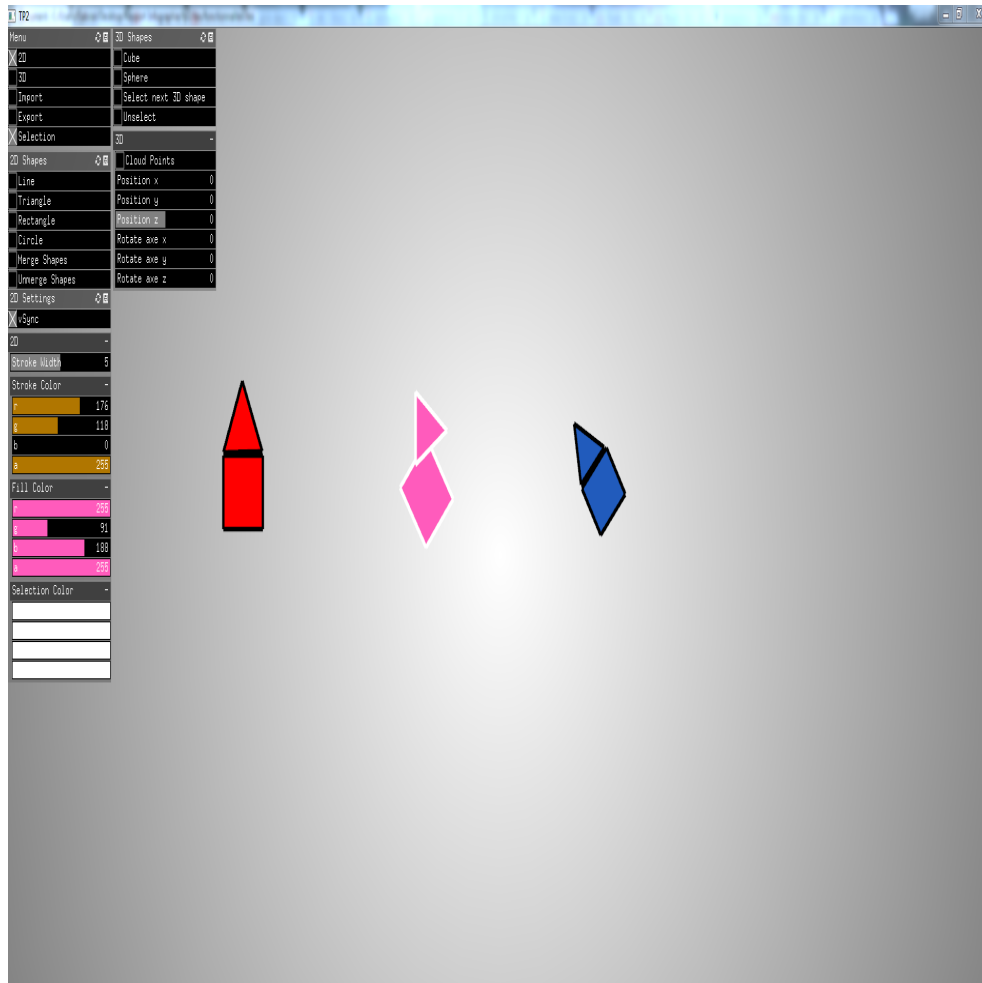


FIGURE 5.19 – Objet original, modifications à l’aide d’une sélection multiple et modifications après un collage en Obj2DCollection.

```
bool Rectangle::containedInRect(Coord p_topLeft, double p_width, double p_height) {  
    double distanceX = 0;  
    double distanceY = 0;  
    for (Coord c : m_coordVector) {  
        distanceX = c.getX() - p_topLeft.getX();  
        distanceY = c.getY() - p_topLeft.getY();  
        if (distanceX <= p_width && distanceY <= p_height && distanceX >= 0 && distanceY >= 0) return true;  
    }  
    return false;  
}
```

FIGURE 5.20 – Code important de la fonctionnalité de selection multiple.

```

void Renderer2D::bStrokeWidthChanged(int & p_strokeWidth) {
    for (Obj2D* o : m_app->m_obj2DVector) {
        if (o->isSelected()) {
            o->setLineStroke(p_strokeWidth);
        }
    }
}

void Renderer2D::bColorStrokeChanged(ofColor & p_colorStroke) {
    for (Obj2D* o : m_app->m_obj2DVector) {
        if (o->isSelected()) {
            o->setLineColor(p_colorStroke);
        }
    }
}

void Renderer2D::bColorFillChanged(ofColor & p_colorFill) {
    for (Obj2D* o : m_app->m_obj2DVector) {
        if (o->isSelected()) {
            o->setColorFill(p_colorFill);
        }
    }
    for (Obj3D* o : m_app->m_obj3DVector) {
        if (o->isSelected()) {
            o->setColorFill(p_colorFill);
        }
    }
}

```

FIGURE 5.21 – Code important de la fonctionnalité de selection multiple.

```

void Renderer2D::bColorSelectedChanged(ofColor & p_colorSelected) {
    for (Obj2D* o : m_app->m_obj2DVector) {
        if (o->isSelected()) {
            o->setLineColorSelected(p_colorSelected);
        }
    }

    for (Obj3D* o : m_app->m_obj3DVector) {
        if (o->isSelected()) {
            o->setLineColorSelected(p_colorSelected);
        }
    }
}

```

FIGURE 5.22 – Code important de la fonctionnalité de selection multiple.

5.4 Géométrie

5.4.1 Particules

Pour respecter ce critère fonctionnel, l'application doit rendre un nuage de points en une seule commande d'affichage.

Dans l'application Paint3D+, il y a un bouton nommé "Cloud Points" qui permet de transformer un objet 3D sélectionné en un nuage de points où chaque point est un sommet d'une des faces qui compose l'objet en 3D.

Donc, pour pouvoir utiliser cette option, il faut créer un objet 3D avec le bouton "Cube"

ou "Sphere" en mode 3D, sélectionner un des objets 3D créé avec le bouton "Select next 3D Shape" et appuyer sur le bouton "Cloud Points" pour rendre l'objet 3D sélectionné en tant que nuage de points.

Les 2 figures suivantes montrent une sphère rendue sans nuage de points et une sphère rendue avec un nuage de points.

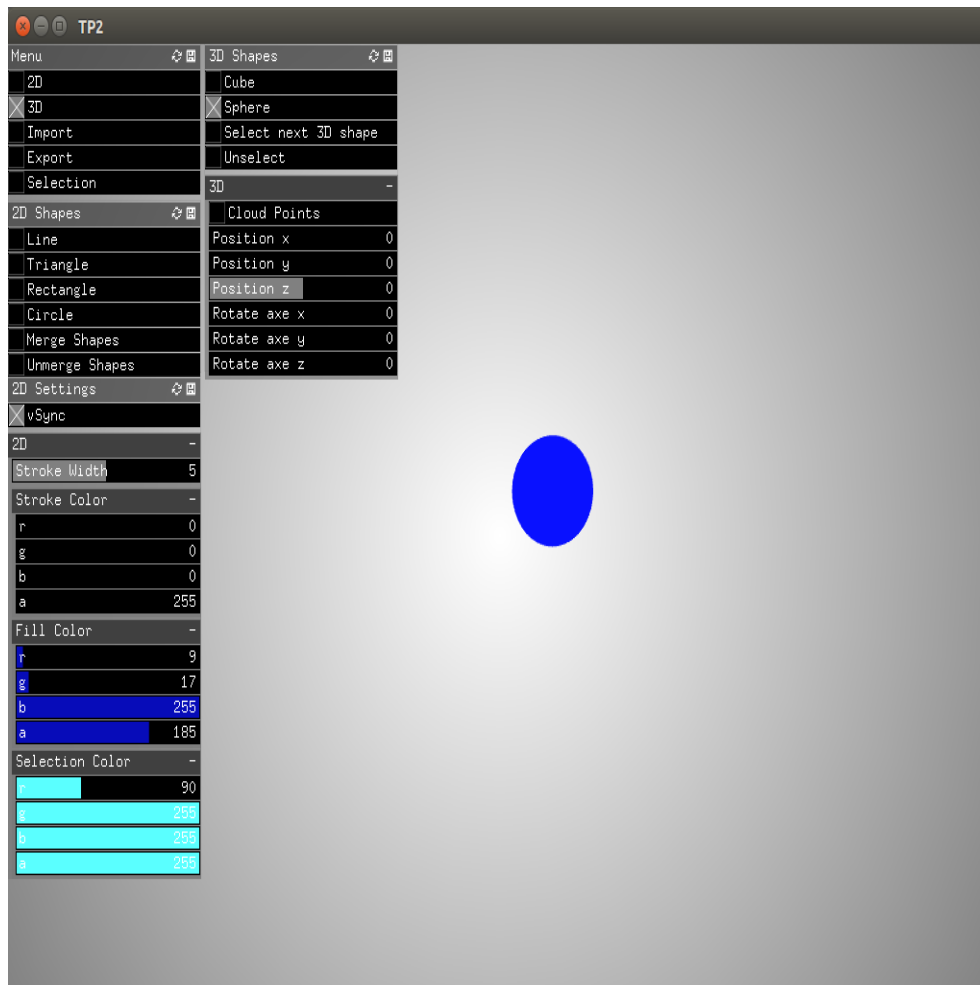


FIGURE 5.23 – Une sphère rendue sans nuage de points.

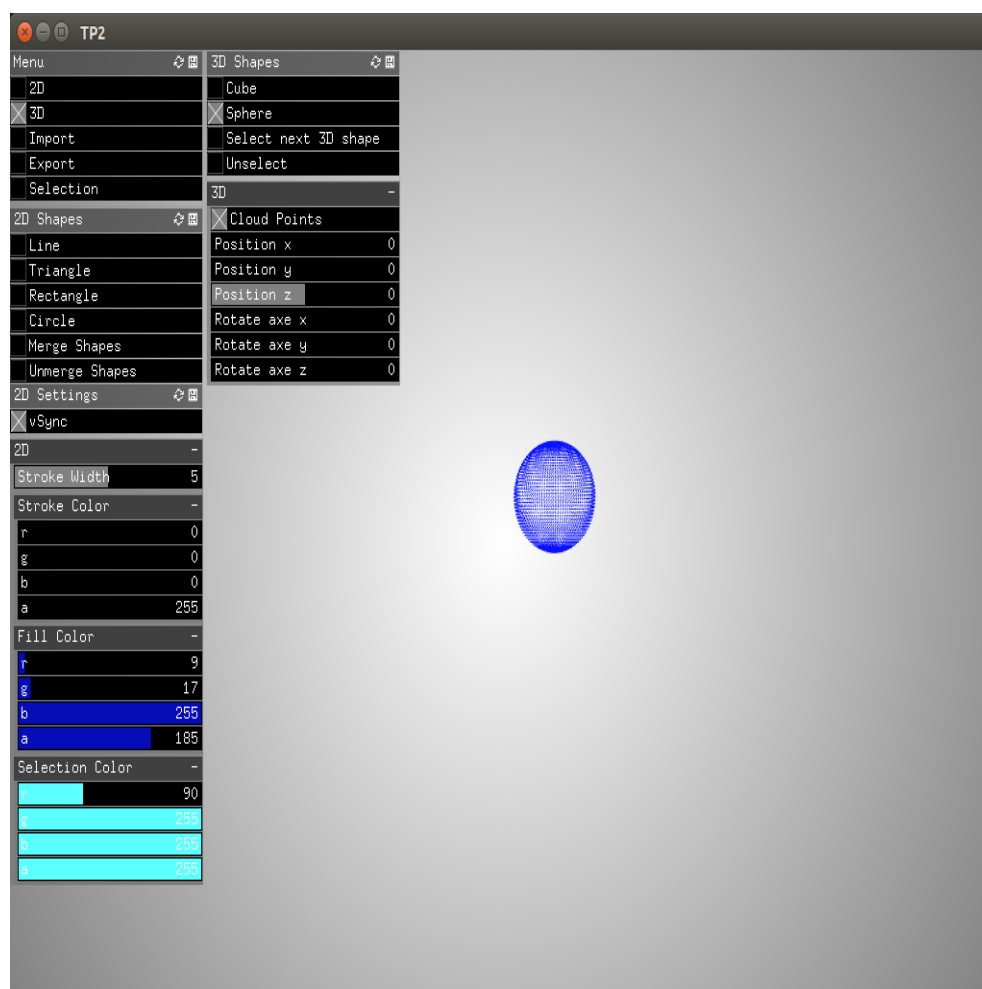


FIGURE 5.24 – Une sphère rendue avec un nuage de points.

5.4.2 Primitives 3D

L'application doit permettre de créer au moins 2 types de primitives géométriques 3D à partir d'un algorithme sans aucune données externes à l'application.

L'application Paint3D+ permet de créer 2 primitives 3D localement sans données externes, soit le cube et la sphère. Ces 2 primitives 3D sont créées par composition à partir de 2 classes d'OpenFrameworks, soit `OfSpherePrimitive` et `OfBoxPrimitive`.

Pour créer ces 2 primitives 3D, il faut d'abord sélectionner le mode 3D dans le menu. Ensuite, il faut cocher soit Cube ou Sphere, selon la primitive 3D à créer et cliquer gauche sur la souris à l'endroit où l'on veut que la primitive 3D apparaisse. Une fois créée, chaque primitive 3D a une profondeur par défaut de 30 unités. Cela permet de mettre en valeur l'ef-

fet de perspective et bien montrer qu'il s'agit d'un objet en 3D. Ensuite, pour modifier une primitive 3D créée, il faut la sélectionner avec l'option "Select next 3D shape" et modifier les paramètres modifiables, soit la position en x,y,z l'orientation en x,y,z ou la couleur de sélection ou de remplissage. De plus, lorsqu'une primitive 3D est sélectionnée, il est possible de l'effacer en appuyant sur la touche "delete".

Il est à noter que la rotation est faite à partir de quaternions dans le code.

Les 2 figures suivantes montrent les 2 primitives 3D que l'application peut créer sans données externes.

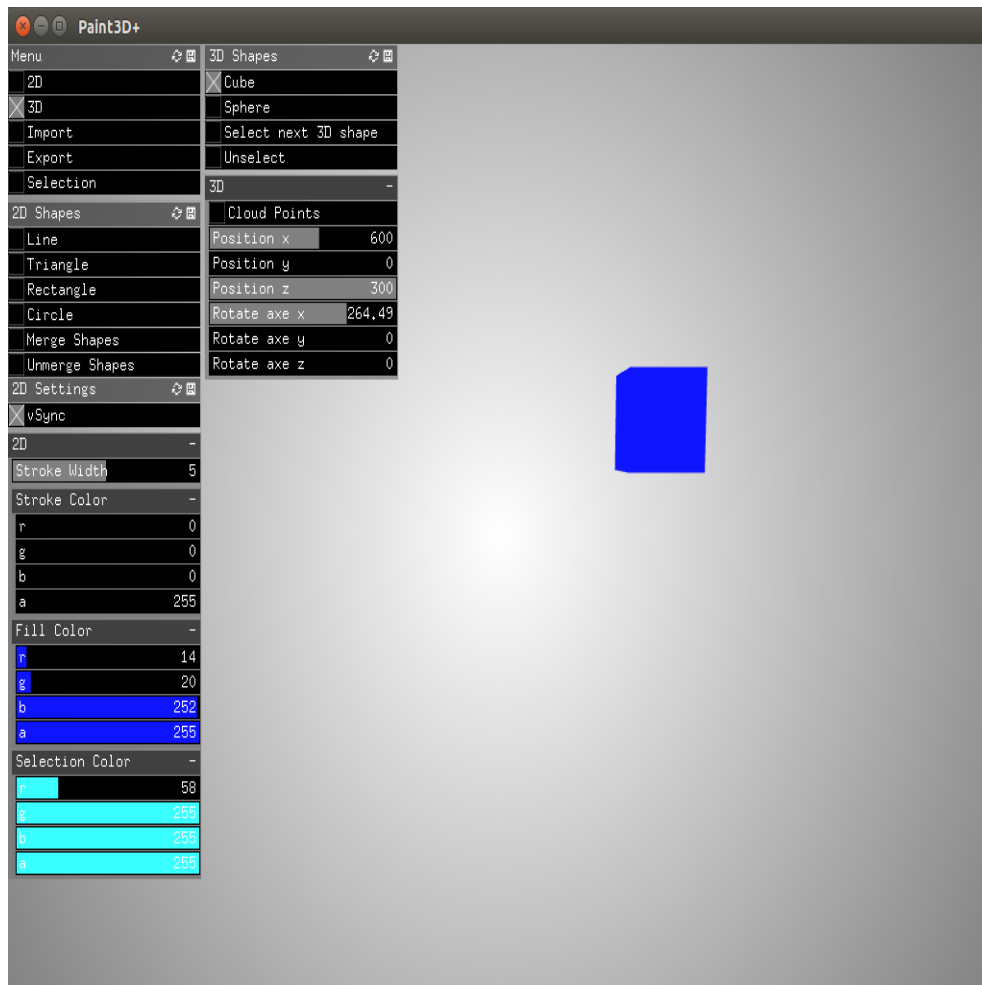


FIGURE 5.25 – Une primitive 3D d'un cube.

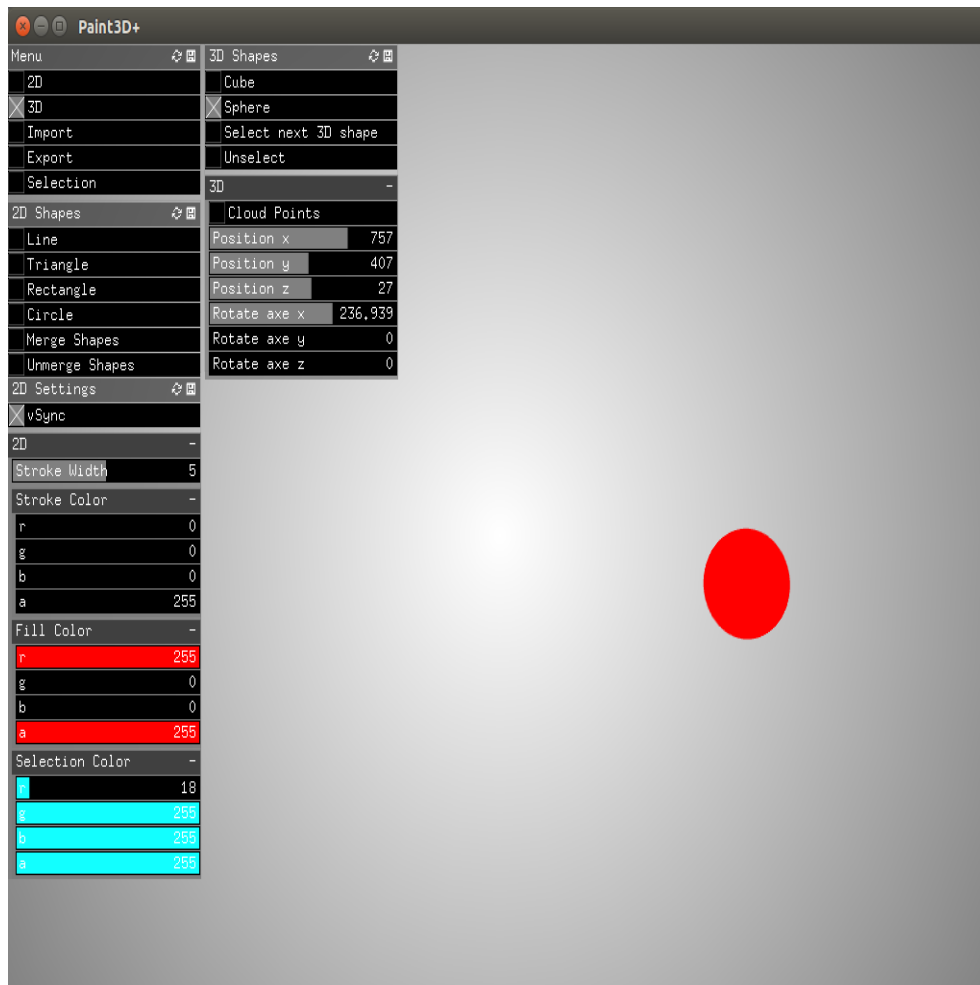


FIGURE 5.26 – Une primitive 3D d'une sphère.

5.4.3 Modèle

L'application permet de créer une ou des instances de modèles 3D à partir d'un maillage géométrique importé à partir d'un fichier externe.

Dans l'application Paint3D+, bla bla bla

5.5 Illumination

5.5.1 Lumière ponctuelle

Possibilité d'avoir au moins une lumière ponctuelle dont la couleur et la position sont prises en compte lors des calculs d'illumination des surfaces présentes dans une scène.

Dans l'application Paint 3D+, bla

5.5.2 Matériau

Toutes les entités visuelles présentes dans la scène ont au moins un matériau par défaut qui permet de bien les distinguer si elles sont visibles du point de vue de la caméra.

Dans l'application Paint 3D+, bla

5.5.3 Modèle d'illumination

Le rendu des entités visuelles est fait à partir d'un modèle d'illumination qui supporte au moins une combinaison de lumière dynamique et de matériau.

Dans l'application Paint 3D+, bla

Ressources

Test

Présentation

Test