Laboratori de Gràfics, part 2.

À. Vinacua, C. Andújar i professors de Gràfics

5 de novembre de 2019

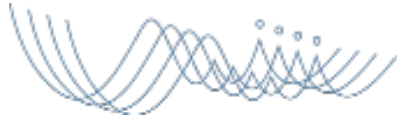
Segona part del laboratori

Segona part del laboratori

Objectius

Extendrem el `viewer` que hem fet servir per a programar shaders, aprenent programació més avançada en OpenGL

Implementarem en OpenGL efectes per augmentar el realisme, com ombres, reflexions, transparències, . . .



Segona part del laboratori

Objectius

Extendrem el `viewer` que hem fet servir per a programar shaders, aprenent programació més avançada en OpenGL

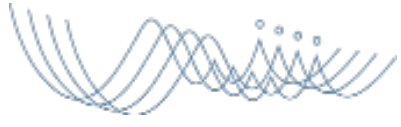
Implementarem en OpenGL altres efectes per augmentar el realisme, com **ombres, reflexions, transparències**, . . .

Eines

C++

Qt5 (però no caldran gaires coneixements específics)

OpenGL (Core) + GLSL



Visualitzador i plugins

Us proporcionem un visualitzador senzill que haureu de completar via *plugins*.

Cada exercici de la llista consisteix a implementar un *plugin* (i potser shaders).

Avaluació

El control final de laboratori inclourà:

- Exercicis de shaders pel visualitzador (fins ara heu fet servir un plugin específic: *shaderloader*.
- Exercicis de plugins pel visualitzador

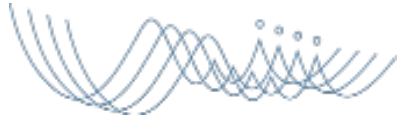
Els vostres plugins hauran de funcionar sobre el visualitzador original. Per tant, no feu canvis al codi del nucli que us passem

Avaluació

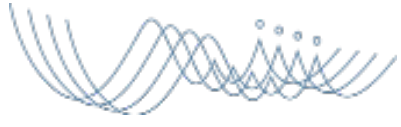
El control final de laboratori inclourà:

- Exercicis de shaders pel visualitzador (fins ara heu fet servir un plugin específic: *shaderloader*.
- Exercicis de plugins pel visualitzador

Els vostres plugins hauran de funcionar sobre el visualitzador original. Per tant, no feu canvis al codi del nucli que us passem



Estructura de directoris



Codi de partida del Visualitzador

```
Viewer/ ←—Directori arrel de l'aplicació
 |__ all.pro
 |__ GLarena
 |__ GLarenaPL
 |
 |__ GLarenaSL
 |__ plugins/
 |__ viewer/
```

Codi de partida del Visualitzador

```
Viewer/ ←—Directori arrel de l'aplicació
 |__ all.pro ←—arxiu pel qmake recursiu
 |__ GLarena
 |__ GLarenaPL
 |
 |__ GLarenaSL
 |__ plugins/
 |__ viewer/
```

Codi de partida del Visualitzador

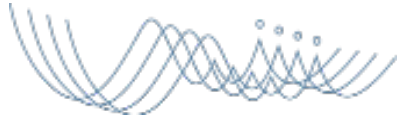
```
Viewer/ ←—Directori arrel de l'aplicació
 ├— all.pro ←—arxiu pel qmake recursiu
 ├— GLarena
 ├— GLarenaPL ←—scripts per a engegar
 │              l'aplicació
 ├— GLarenaSL
 ├— plugins/
 └— viewer/
```

Codi de partida del Visualitzador

```
Viewer/ ←—Directori arrel de l'aplicació
 |__ all.pro ←—arxiu pel qmake recursiu
 |__ GLarena
 |__ GLarenaPL ←—scripts per a engegar
 |                 l'aplicació
 |__ GLarenaSL
 |__ plugins/ ←—fonts dels plugins
 |__ viewer/
```

Codi de partida del Visualitzador

```
Viewer/ ←—Directori arrel de l'aplicació
 |__ all.pro ←—arxiu pel qmake recursiu
 |__ GLarena
 |__ GLarenaPL ←—scripts per a engegar
 |                 l'aplicació
 |__ GLarenaSL
 |__ plugins/ ←—fonts dels plugins
 |__ viewer/ ←—fonts del nucli del Viewer
```



Codi de partida del Visualitzador

```
viewer/ ←—D'aquí no heu de canviar res...
├── bin/
├── app/
│   ├── app.pro
│   └── main.cpp
├── core/
│   ├── core.pro
│   ├── include/
│   └── src/
├── glwidget/
│   ├── glwidget.pro
│   ├── include/
│   └── src/
└── interfaces/
    └── plugin.h
```

Codi de partida del Visualitzador

```
plugins/
├── bin/
├── common.pro
├── plugins.pro ←—Cal editar-lo per afegir nous
│                 plugins ‘‘permanentment’’
│
├── alphablending/
│   │
│   ├── alphablending.pro
│   │
│   ├── alphablending.h
│   └── alphablending.cpp
├── navigate-default/
│   └── ...
└── ...
```

Codi de partida del Visualitzador

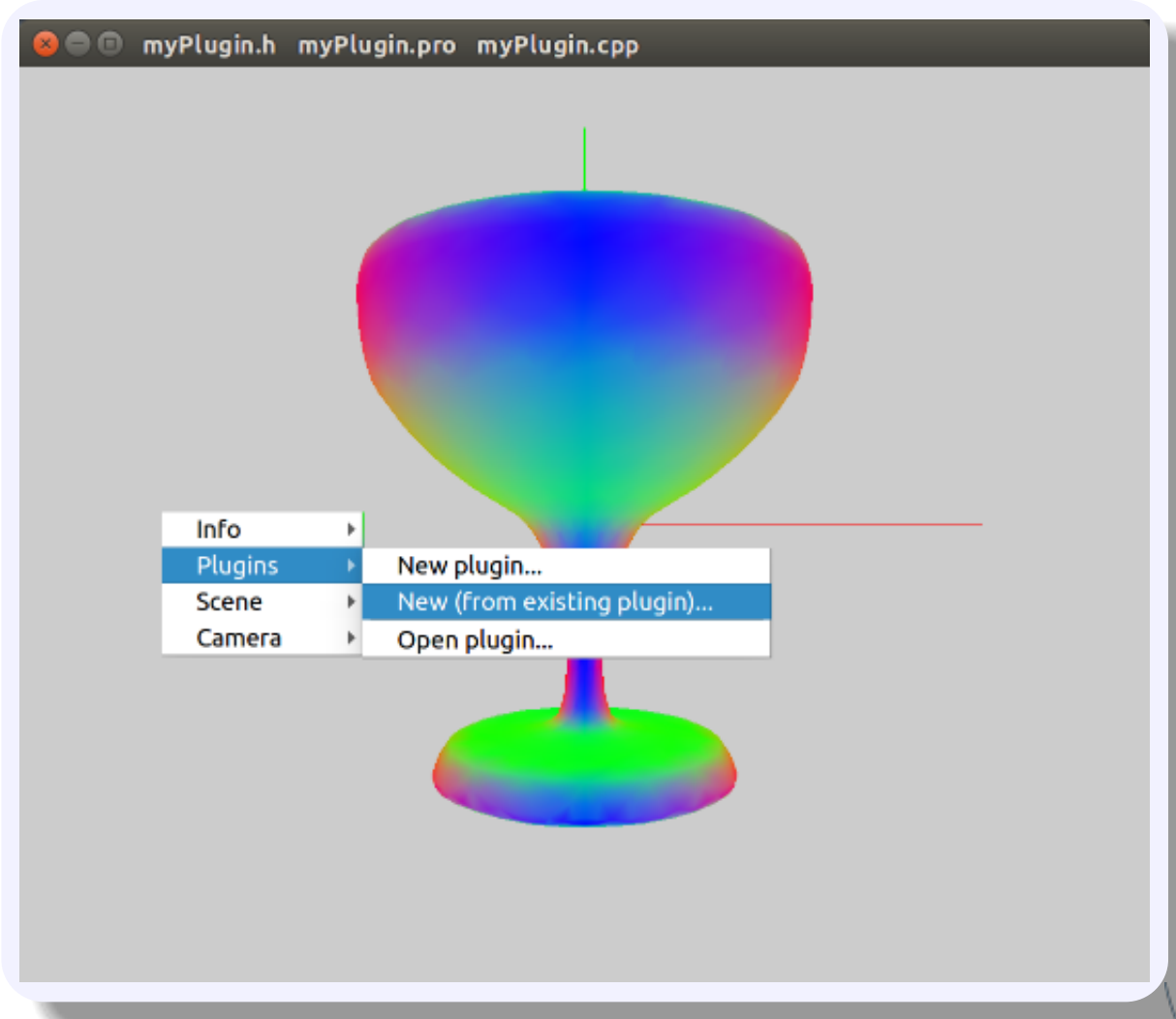
```
plugins/
├── bin/
├── common.pro
├── plugins.pro ←—Cal editar-lo per afegir nous
│                 plugins ‘‘permanentment’’
│
├── alphablending/ ←—Un directori per cada
│   │                 plugin
│   ├── alphablending.pro
│   │
│   ├── alphablending.h
│   └── alphablending.cpp
├── navigate-default/
│   └── ...
└── ...
```

Codi de partida del Visualitzador

```
plugins/
├── bin/
├── common.pro
├── plugins.pro ←—Cal editar-lo per afegir nous
│                 plugins ‘‘permanentment’’
│
├── alphablending/ ←—Un directori per cada
│   │                 plugin
│   ├── alphablending.pro ←—S’ha de dir igual que
│   │                       el directori
│   ├── alphablending.h
│   └── alphablending.cpp
├── navigate-default/
│   └── ...
└── ...
```

pluginLoader

Un plugin similar a `shaderLoader`, per a programar plugins



Algunes restriccions del `pluginLoader`

- No feu servir caràcters que no siguin alfanumèrics, llevat de la ratlla baixa '_', en els noms dels plugins

- `pluginLoader` no sap de shaders. Si en feu servir, haureu de gestionar aquells arxius vosaltres mateixos.

- Si heu de fer servir paths relatius, penseu que el vostre plugin serà executat, quan feu servir el `pluginLoader`, des del mateix directori del plugin.

Compilació i Execució

Procediment per a obtenir els binaris (viewer + plugins)

Seguiu les instruccions del racó. Resum:

```
tar -xzvf NewViewer_52d9d92.tgz
cd NewViewer_52d9d92
/opt/Qt/5.9.6/gcc_64/bin/qmake
make -j
```

Executar el viewer:

- `./GLarenaSL` (per provar shaders)
- `./GLarenaPL` (per provar plugins)

Adaptació a l'entorn

Per defecte, `Viewer` buscarà una sèrie de recursos en els directoris en què estan al laboratori, és a dir sota `/assig/grau-g/...` o en el seu directori arrel (el que conté `GLarena*`).
Podeu modificar aquest comportament definint variables d'entorn:

`VIMAGE` defineix l'executable a fer servir per mostrar imatges

`VEDITOR` l'editor que voleu fer servir per a editar shaders (si carregueu el `shaderloader`)

`VMODELS` el directori on trobar models

`VTEXTURES` el directori on trobar les textures

`VPLUGINS` els plugins a carregar en engegar.

Com afegir un Plugin

Crear nous plugins (manualment; no ho farem així)

Procediment per afegir un plugin 'MyEffect'

Crear el directori `plugins/my-effect` (eviteu usar espais)

Dins d'aquest directori:

Editar el fitxer `my-effect.pro`
Editar el fitxer `my-effect.h`
Editar el fitxer `my-effect.cpp`

Afegiu una linia a `plugins/plugins.pro`

```
SUBDIRS += my-effect
```

[qmake +] make (des del directori viewer)

Amb `pluginLoader`...

Cal tenir tot el viewer correctament compilat a la màquina en què s'hi treballa

No cal preocupar-se de cap pas dels mencionats anteriorment, però convé ser conscient d'algunes particularitats:

- per restriccions en la descàrrega de plugins, `pluginLoader` afegirà un suffix al nom de la llibreria
- `pluginLoader` automàticament carregarà la nova versió del plugin cada cop que el recompili amb èxit.

Tipus de plugins

(es tracta d'una distinció semàntica: tant sols hi ha una interfície, comuna a tots els "tipus")

(Alguns) Mètodes virtuals de la classe base dels plugins:

```
1   void onPluginLoad();
2   void onObjectAdd();
3   void onSceneClear();
4   void preFrame();
5   void postFrame();
6   bool drawScene();
7   bool drawObject(int);
8   bool paint();
9   void keyPressEvent(QKeyEvent *);
10  void mouseMoveEvent(QMouseEvent *);
11  ...
```

Mètodes de la classe `Plugin` per accedir a altres components:

```
1    Scene* scene();
2    Camera* camera();
3    Plugin* drawPlugin();
4    OpenGLWidget* glwidget();
```

Tipus de plugins

Effect Plugins

Canvien l'estat d'OpenGL abans i/o després de que es pinti l'escena.

Exemples: activar shaders, configurar textures, alpha blending...

Draw Plugins (sols un serà actiu)

Recorren els objectes per pintar les primitives de l'escena.

Exemples: dibuixar amb vertex arrays...

Action Plugins

Executen accions arbitràries en resposta a events (mouse, teclat).

Exemples: selecció d'objectes, control de la càmera virtual...

Render Plugins (sols un serà actiu)

Dibuixar un frame amb un o més passos de rendering.

Exemples: múltiples passos de rendering, shadow mapping...

Plugins per defecte

Per tal de ser utilitzable d'entrada, el viewer porta uns plugins per defecte, que podeu substituir per d'altres si és el cas:

`render-default`: un *render plugin* bàsic; sols esborra els buffers, crida al `drawPlugin` si està carregat, i afegeix els eixos coordenats.

`drawvbong`: un *draw plugin* que construeix VBOs/VAOs per cada objecte de l'escena, i ofereix un mètode `drawScene()` que recorre l'escena i dibuixa cada objecte fent-los servir.

`navigate-default`: un *action plugin* que implementa mecanismes bàsics per a navegar l'escena: rotació, zoom, pan.

Sessió 1: Effect plugins

Effect plugins

Mètodes típicament redefinits en els effect plugins (no necessàriament tots):

```
virtual void preFrame();
virtual void postFrame();
virtual void onPluginLoad();
virtual void onObjectAdd();
```

Accés a les dades de l'aplicació:

```
GLWidget* glwidget();
Scene* scene();
Camera* camera();
```

Exemples d'accés als objectes de l'aplicació

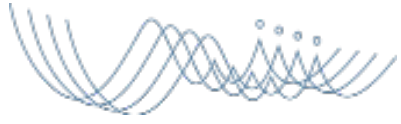
```
scene()->objects().size() // num objectes
camera()->getObs() // pos de l'observador
glwidget()->defaultProgram()
```

Exemples d'accés als objectes de l'aplicació

```
scene()->objects().size() // num objectes
camera()->getObs() // pos de l'observador
glwidget()->defaultProgram()
```

Exemples d'accés als objectes de l'aplicació

```
scene()->objects().size() // num objectes
camera()->getObs() // pos de l'observador
glwidget()->defaultProgram()
```



Exemples d'effect plugins: 1/3

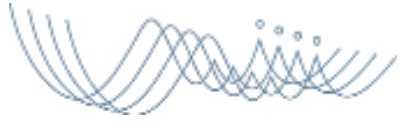
alphablending

alphablending.pro

```
1 TARGET      = $$qtLibraryTarget(alphablending)
2 include(../common.pro)
```

alphablending.h

```
1  #ifndef _ALPHABLENDING_H
2  #define _ALPHABLENDING_H
3  #include "plugin.h"
4
5  class AlphaBlending: public QObject, public Plugin
6  {
7       Q_OBJECT
8       Q_PLUGIN_METADATA(IID "Plugin")
9       Q_INTERFACES(Plugin)
10
11   public:
12      void preFrame();
13      void postFrame();
14 };
15 #endif
```



alphablending.cpp

```cpp
#include "alphablending.h"
#include "glwidget.h"

void AlphaBlending::preFrame() {
    glDisable(GL_DEPTH_TEST);
    glBlendEquation(GL_FUNC_ADD);
    glBlendFunc(GL_SRC_ALPHA, GL_ONE);
    glEnable(GL_CULL_FACE);
    glEnable(GL_BLEND);
}

void AlphaBlending::postFrame() {
    glEnable(GL_DEPTH_TEST);
    glDisable(GL_BLEND);
}
```

Exemples d'effect plugins: 2/3

effect-crt

effect-crt.pro

```
1 TARGET      = $$qtLibraryTarget(effect-crt)
2 include(../common.pro)
```

effectcrt.h

```
1  #ifndef _EFFECTCRT_H
2  #define _EFFECTCRT_H
3  #include "plugin.h"
4  #include <QOpenGLShader>
5  #include <QOpenGLShaderProgram>
6  class EffectCRT : public QObject, public Plugin
7   {
8      Q_OBJECT
9      Q_PLUGIN_METADATA(IID "Plugin")
10     Q_INTERFACES(Plugin)
11  public:
12     void onPluginLoad();
13     void preFrame();
14     void postFrame();
15  private:
16     QOpenGLShaderProgram* program;
17     QOpenGLShader *fs, *vs;
18  };
```

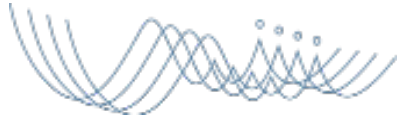
effectcrt.cpp

```
1  #include "effectcrt.h"
2
3  void EffectCRT::onPluginLoad() {
4      glwidget()->makeCurrent(); // !!!
5      QString vs_src =
6        "#version 330 core\n"
7        "uniform mat4 modelViewProjectionMatrix;"
8        "in vec3 vertex;"
9        "in vec3 color;"
10       "out vec4 col;"
11       "void main() {"
12       "  gl_Position = modelViewProjectionMatrix *"
13       "                              vec4(vertex,1.0);"
14       "  col=vec4(color,1.0);"
15       "}";
16     vs = new QOpenGLShader(QOpenGLShader::Vertex, this);
17     vs->compileSourceCode(vs_src);
18     cout << "VS log:" << vs->log().toStdString() << endl;
```

```
19      QString fs_src =
20          "#version 330 core\n"
21          "out vec4 fragColor;"
22          "in vec4 col;"
23          "uniform int n;"
24          "void main() {"
25          "  if (mod((gl_FragCoord.y-0.5), float(n)) > 0.0) dis
26          "  fragColor=col;"
27          "}";
28      fs = new QOpenGLShader(QOpenGLShader::Fragment, this);
29      fs->compileSourceCode(fs_src);
30      cout << "FS log:" << fs->log().toStdString() << endl;
31      program = new QOpenGLShaderProgram(this);
32      program->addShader(vs); program->addShader(fs);
33      program->link();
34      cout << "Link log:" << program->log().toStdString() <<
35  }
```

effect-crt.cpp...

```
36 void EffectCRT::preFrame()
37 {
38     // bind shader and define uniforms
39     program->bind();
40     program->setUniformValue("n", 6);
41     QMatrix4x4 MVP = camera()->projectionMatrix() *
42                      camera()->viewMatrix();
43     program->setUniformValue(
44                     "modelViewProjectionMatrix", MVP);
45 }
46
47 void EffectCRT::postFrame()
48 {
49     // unbind shader
50     program->release();
51 }
```

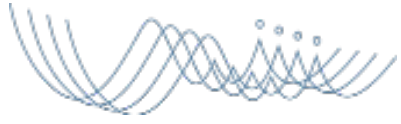


Exemples d'effect plugins: 3/3

showHelpNg

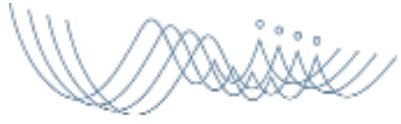
showHelpNg.pro

```
1 TARGET      = $$qtLibraryTarget(showHelpNg)
2 include(../common.pro)
```



showHelpNg.h

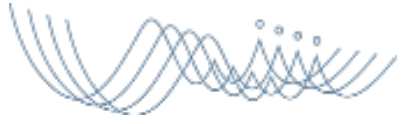
```
1  #ifndef _SHOWHELPNG_H
2  #define _SHOWHELPNG_H
3
4  #include "plugin.h"
5  #include <QPainter>
6
7  class ShowHelpNg : public QObject, Plugin
8   {
9       Q_OBJECT
10      Q_PLUGIN_METADATA(IID "Plugin")
11      Q_INTERFACES(Plugin)
12
13   public:
14      void postFrame() Q_DECL_OVERRIDE;
15   private:
16      QPainter painter;
17   };
18 #endif
```



part of showHelpNg.cpp

```cpp
#include "showHelpNg.h"
#include "glwidget.h"

void ShowHelpNg::postFrame()
{
  QFont font;
  font.setPixelSize(32);
  painter.begin(glwidget());
  painter.setFont(font);
  int x = 15;
  int y = 40;
  painter.drawText(x, y, QString("L - Load object"
                                 "      A - Add plugin"));
  painter.end();
}
```



Fluxe de control

Quan es carrega un nou plugin, es crida el seu `onPluginLoad()`

Quan s'afegeix un nou model a l'escena es crida a `onObjectAdd()` de tots els plugins carregats

Quan s'esborra l'escena, es crida a `onSceneClear()` de tots els plugins carregats

Els events de ratolí i teclat (`keyPressEvent()`... `mouseMoveEvent()`...) es propaguen a tots els plugins carregats

`GLWidget::paint()` crida:

- `bind()` dels shaders per defecte
- `setUniformValue()` pels uniforms que fan servir els shaders per defecte
- `preFrame()` de tots els plugins
- `paint()` del darrer plugin carregat que l'implementi
- `postFrame()` de tots els plugins

Classes de core/

Classes

Als directoris `viewer/core/{include,src}`

box: Caixes englobants

camera: Un embolcall per a una càmera rudimentària

face: Cares d'un model

object: objecte (inclou codi per a carregar `.obj`)

point: Punts. Alias de `QVector3D` amb operador d'escriptura per a missatges de debug, etc.

scene: Model simple d'escena usat pel `GLWidget`.

vector: Altre alias de `QVector3D` amb operador d'escriptura.

vertex: Model de vèrtex usat a les demés classes.

Classes

Per a representar l'escena:

Als directoris `viewer/core/{include,src}`

box: Caixes englobants

camera: Un embolcall per a una càmera rudimentària

face: Cares d'un model

object: objecte (inclou codi per a carregar `.obj`)

point: Punts. Alias de `QVector3D` amb operador d'escriptura per a missatges de debug, etc.

scene: Model simple d'escena usat pel `GLWidget`.

vector: Altre alias de `QVector3D` amb operador d'escriptura.

vertex: Model de vèrtex usat a les demés classes.

Classes

Support a la geometria:

Als directoris `viewer/core/{include,src}`

box: Caixes englobants

camera: Un embolcall per a una càmera rudimentària

face: Cares d'un model

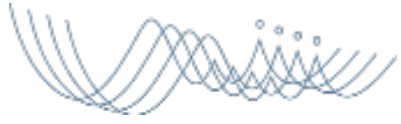
object: objecte (inclou codi per a carregar `.obj`)

point: Punts. Alias de `QVector3D` amb operador d'escriptura per a missatges de debug, etc.

scene: Model simple d'escena usat pel `GLWidget`.

vector: Altre alias de `QVector3D` amb operador d'escriptura.

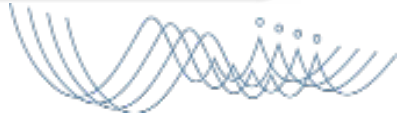
vertex: Model de vèrtex usat a les demés classes.



Vector, Punt

Vector

	Vector (qreal *xpos*, qreal *ypos*, qreal *zpos*)
qreal	**length** () const
void	**normalize** ()
Point	**normalized** () const
void	**setX** (qreal *x*)
void	**setY** (qreal *y*)
void	**setZ** (qreal *z*)
qreal	**x** () const
qreal	**y** () const
qreal	**z** () const
Vector	**crossProduct** (const QVector3D & *v1*, const QVector3D & *v2*)
qreal	**dotProduct** (const QVector3D & *v1*, const QVector3D & *v2*)
const Vector	**operator*** (const QVector3D & *vector*, qreal *factor*)



Vector, Point

Vector

```
1          Vector v(1.0, 0.0, 0.0);
2          float l = v.length();
3          v.normalize();
4          Vector w = v.normalized();
5          v.setX(2.0);
6          v.setY(-3.0);
7          v.setZ(1.0);
8          cout << "[" << v << "]" << endl;
9          Vector u = QVector3D::crossProduct(v,w);
10         float dot = QVector3D::dotProduct(v,w);
11         Vector u = v + 2.5*w;
```

Vector, Point

Point

```
1 Point p(1.0, 0.0, 0.0);
2 p.setX(0.0);
3 p.setY(0.0);
4 p.setZ(1.0);
5 cout << "(" << p << ")" << endl;
6 // point substraction (returns a Vector)
7 Vector v = p - q;
8 // barycentric combination:
9 Point r = 0.4*p + 0.6*q;
```

Box

```
1  class Box
2  {
3  public:
4      Box(const Point& point=Point());
5      Box(const Point& minimum, const Point& maximum);
6
7      void expand(const Point& p); // incloure un punt
8      void expand(const Box& p);   // incloure una capsa
9
10     void render();      // dibuixa en filferros
11     Point center() const; // centre de la capsa
12     float radius() const; // meitat de la diagonal
13     Point min() const;
14     Point max() const;
15 ...};
```

Scene

Scene té una col·lecció d'objectes 3D

```
1  class Scene
2  {
3  public:
4    Scene();
5
6    const vector<Object>& objects() const;
7    vector<Object>& objects();
8    void addObject(Object &);
9    void clear();
10
11   int selectedObject() const;
12   void setSelectedObject(int index);
13   void computeBoundingBox();
14   Box boundingBox() const;
15 ...};
```

Object

Object té un vector de cares i un vector de vèrtexs

```
1  class Object {
2  public:
3      ...
4      Box boundingBox() const;
5      const vector<Face>& faces() const;
6      const vector<Vertex>& vertices() const;
7      void computeNormals();      // normals *per-cara*
8      void computeBoundingBox();
9      void applyGT(const QMatrix4x4& mat);
10
11 private:
12     vector<Vertex> pvertices;
13     vector<Face> pfaces;
14     Box pboundingBox;
15 };
```

Face

Face té una seqüència ordenada de 3 o més índexs a vèrtex

```
1  class Face
2  {
3  public:
4      ...
5      int numVertices() const;
6      int vertexIndex(int i) const;
7      Vector normal() const;
8      void addVertexIndex(int i);
9      void computeNormal(const vector<Vertex> &);
10 private:
11     Vector pnormal;
12     vector<int> pvertices;  // indexs dels vertexs
13 };
```

Vertex

Simplement les coordenades d'un punt

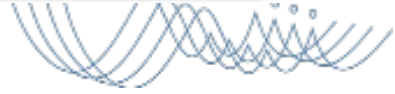
```
1 class Vertex
2 {
3     Vertex(const Point&);
4     Point coord() const;
5     void setCoord(const Point& coord);
6
7 private:
8     Point pcoord;
9 };
```

APIs per treballar amb shaders

Support per a shaders a Qt

Podeu fer servir `QOpenGLShader` i `QOpenGLShaderProgram`

```
1  QOpenGLShader shader(QOpenGLShader::Vertex);
2  shader.compileSourceCode(code);
3  shader.compileSourceFile(filename);
4  ...
5  QOpenGLShaderProgram *program = new QOpenGLShaderProgram()
6  program->addShader(shader);
7  ...
8  program->link();
9  ...
10 program->bind();
11 ...
12 program->release();
```



Alguns mètodes de QOpenGLShaderProgram

Atributs i Uniforms

```
1 int attributeLocation(const char * name ) const;
2 void setAttributeValue(int location, T value);
3
4 int uniformLocation(const char * name ) const;
5 void setUniformValue(int location, T value);
```

Molts altres mètodes útils

```
1 bool isLinked() const;
2 QString         log() const;
3 void setGeometryOutputType(GLenum outputType);
```

QOpenGLShader és semblant

Interfície semblant:

```
1 bool isCompiled() const;
2 QString log() const;
```