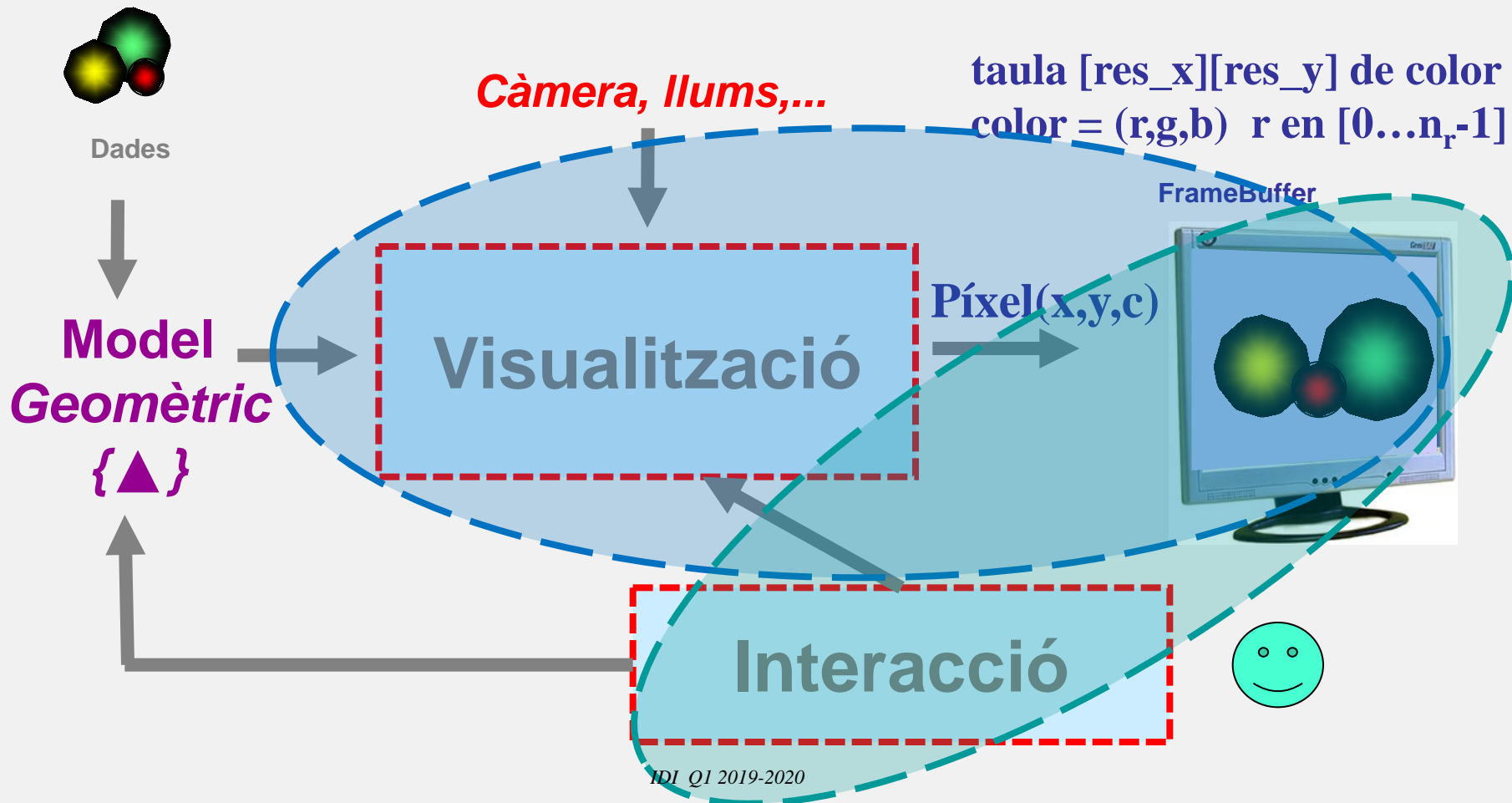


# Laboratori OpenGL – Sessió 1.1

- Introducció
- Llibreria Qt
  - Introducció a Qt
  - Qt amb OpenGL
- Introducció a OpenGL
  - Què és?
  - Crides per a donar informació del model
  - Pintar
- Exemple esquelet complet
  - Fitxer .pro
  - Aplicació Qt en main.cpp
  - Classe MyGLWidget
    - Declaracions: MyGLWidget.h
    - Implementació: MyGLWidget.cpp

# Introducció a OpenGL i Qt

- OpenGL: API per visualització de gràfics 3D.
- Qt: API per a disseny d'interfícies i interacció.



# Llibreria Qt

- Va ser creada per Trolltech i actualment és una companyia pròpia (Qt Group Plc.) que té 38 partners.

<https://www.qt.io>

- Per a plataformes Windows, Linux, Mac i Android

# Llibreria Qt

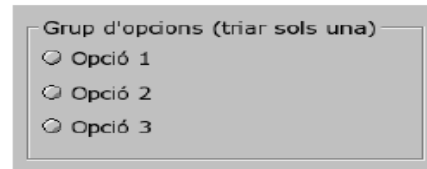
- Una llibreria en C++ per a dissenyar interfícies gràfiques d'usuari (GUI) en diferents plataformes.
- Proporciona diversos components atòmics (widgets) configurables.



(a)  
Un  
botó



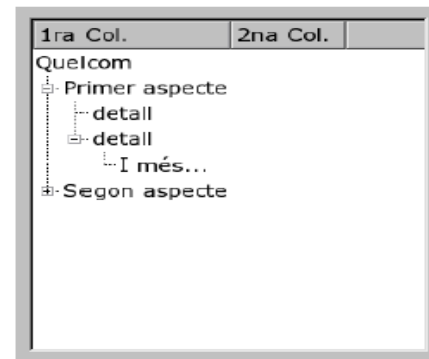
(b) Un "slider"



(c) "Radio buttons"



(d) Barra de "scroll"



(e) Llista jeràrquica

# Projecte Qt

## main.cpp

```
#include <QApplication>
```

```
#include "MyForm.h"
```

```
int main (int argc, char **argv)
```

```
{
```

```
→   QApplication a(argc, argv);
```

```
    MyForm myf;
```

```
    myf.show ();
```

```
→   return a.exec ();
```

```
}
```

# Projecte Qt

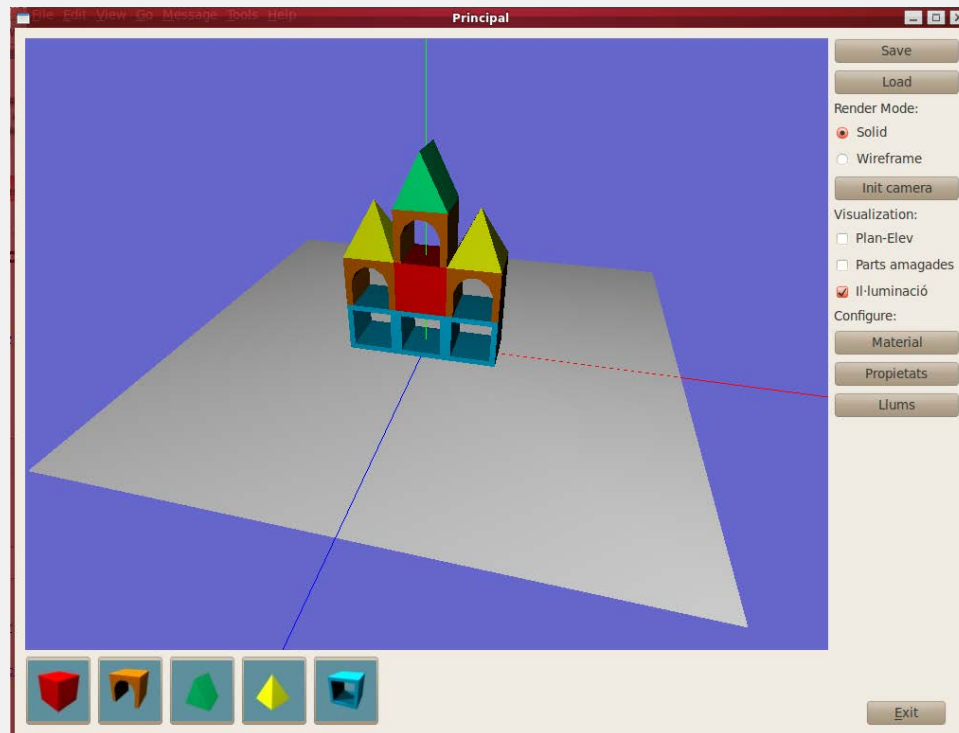
- Crear un fitxer `.pro` que conté la descripció del projecte que estem programant
- Utilitzar les comandes `qmake` i `make`.
  - `qmake` genera el `Makefile` a partir del `.pro`
  - `make` compila i enllaça.

# Compilar i enllaçar

- Crear un fitxer “*helloQt.pro*”
  - `TEMPLATE = app`
  - `QT += widgets`
  - `DEPENDPATH += .`
  - `INCLUDEPATH += .`
  - `#Input`
  - `SOURCES += main.cpp`
- Compilem i enllacem
  - `qmake` (al laboratori cal fer `qmake-qt5`)
  - `make`
- Executable anomenat *helloQt* en el directori on estiguem.
- Executar-lo amb:
  - `./helloQt`

# Projecte Qt usant OpenGL

- Qt pot ser usat per aplicacions OpenGL mitjançant la classe virtual QOpenGLWidget.
- Cal afegir al fitxer .pro la sentència: `QT += opengl`





# OpenGL amb Qt

Per usar OpenGL amb Qt cal derivar una classe de QOpenGLWidget.

**Mètodes virtuals que cal implementar:**

- *initializeGL ()*

- Codi d'inicialització d'OpenGL.
- Qt la cridarà abans de la 1<sup>a</sup> crida a *resizeGL*.

- *paintGL ()*

- Codi per redibuixar l'escena.
- Qt la cridarà cada cop que calgui el repintat. El *swapBuffers()* és automàtic per defecte.

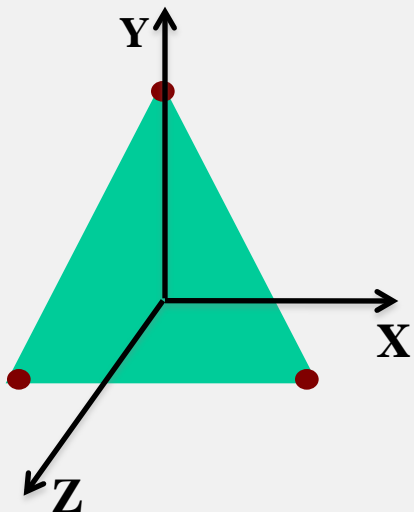
- *resizeGL ()*

- Codi que cal fer quan es redimensiona la finestra.
- Qt la cridarà quan es creï la finestra, i cada cop que es modifiqui la mida de la finestra.

# Introducció a OpenGL

- API per visualització de gràfics 3D
  - Només visualització 3D
  - Cap funció de gestió d'entrada/events
  - Cap funció de gestió de finestres
- Aspectes bàsics
  - A cada frame es redibuixa tota l'escena.
  - Animació via doble-buffering
  - Màquina d'estats

# Informació del model



Possible informació associada a un vèrtex:

- Posició (coordenades)
- Color (rgb/rgba)
- Vector normal (coordenades)
- ...

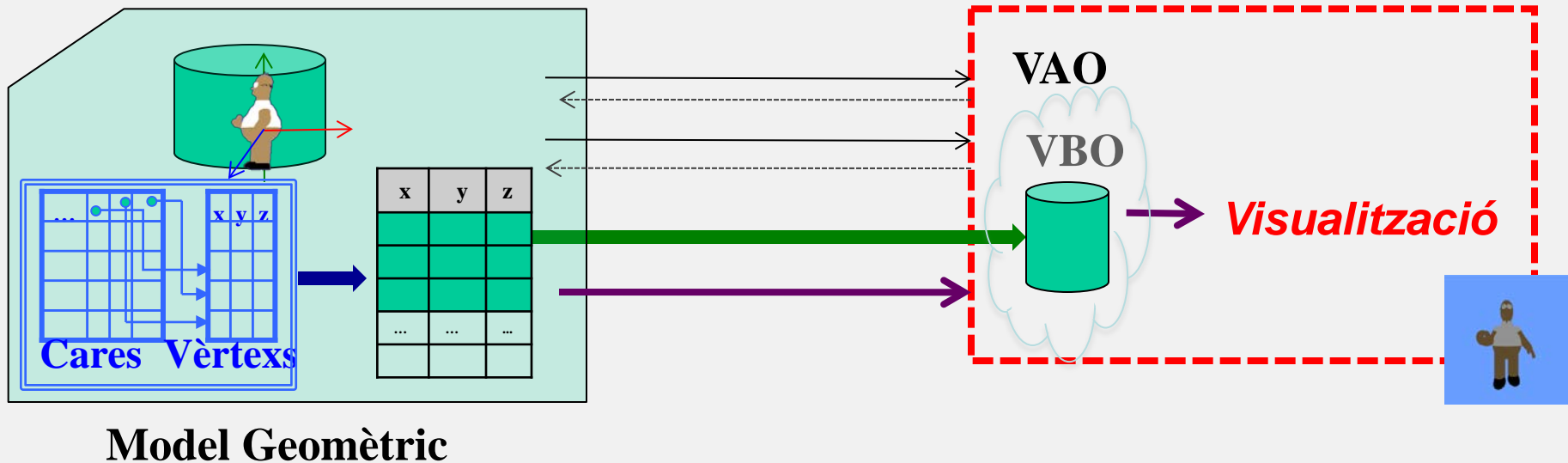
Per a cada model cal generar un Vertex Array Object (VAO).

Les dades dels vèrtexs s'han de passar a la tarja gràfica guardats en Vertex Buffer Object (VBO).

Pintarem els VAOs.

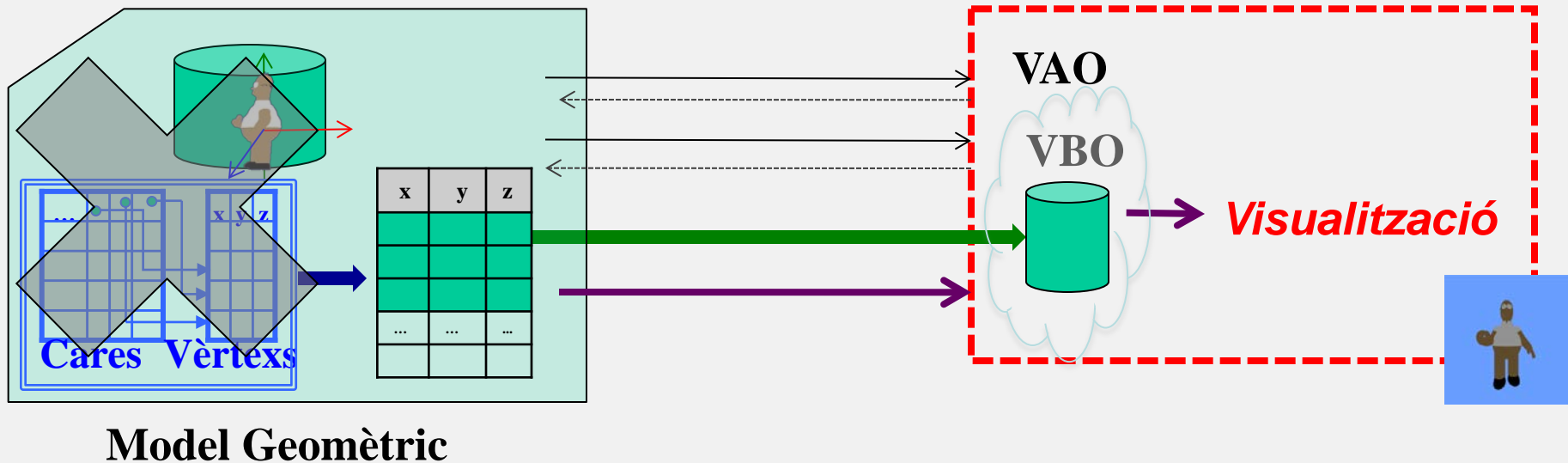
# Pintar en OpenGL 3.3: “core” mode

1. Crear en GPU/OpenGL un *VAO* que encapsularà dades del model. Crear *VBO* que guardarà les coordenades dels vèrtexs (potser cal altres per normal, color,...)
2. Guardar llista de vèrtexs (amb repetició) en el *VBO* (i si cal, color i normal en els seus *VBO*)
3. Cada cop que es requereix pintar, indicar el *VAO* a pintar i dir que es pinti: *glDrawArrays(...)*. Acció *pinta\_model()* a teoria.



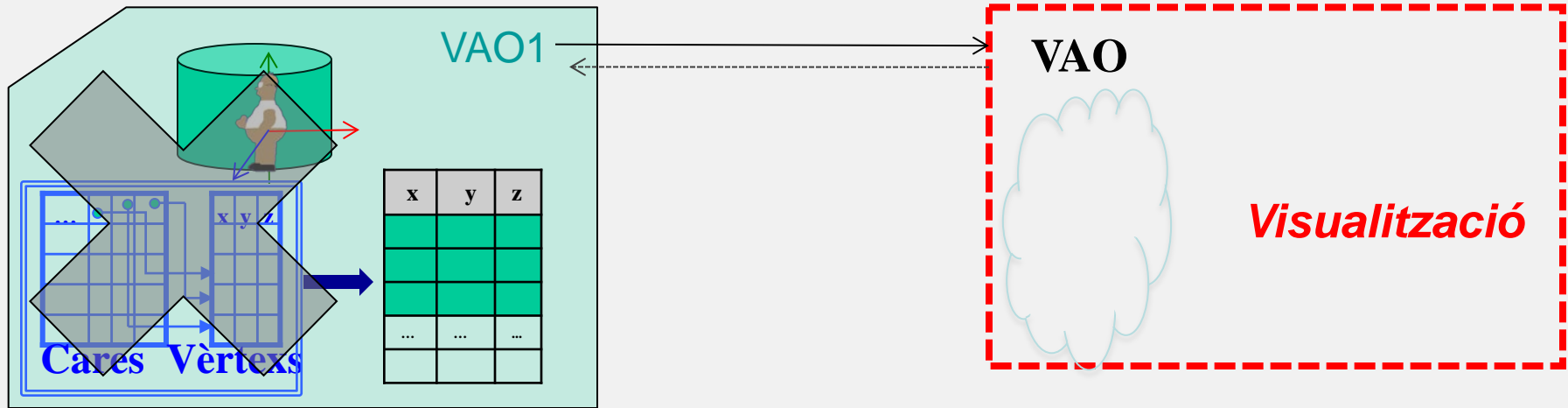
# Pintar en OpenGL 3.3: “core” mode

1. Crear en GPU/OpenGL un *VAO* que encapsularà dades del model. Crear *VBO* que guardarà les coordenades dels vèrtexs (potser cal altres per normal, color,...)
2. Guardar llista de vèrtexs (amb repetició) en el *VBO* (i si cal, color i normal en els seus *VBO*)
3. Cada cop que es requereix pintar, indicar el *VAO* a pintar i dir que es pinti: *glDrawArrays(...)*. Acció *pinta\_model()* a teoria.



# Pintar en OpenGL 3.3: “core” mode

## 1. Crear en GPU/OpenGL un VAO



### Model Geomètric

```
GLuint VAO1; // variable on guardarem l'identificador del VAO
```

```
glGenVertexArrays (1, &VAO1); // generació de l'identificador
```

```
glBindVertexArray (VAO1); // activació del VAO
```

# Informació del model

Per a generar un VAO, descripció de les crides:

```
void glGenVertexArrays (GLsizei n, GLuint *arrays);
```

Genera *n* identificadors per a VAOs i els retorna a *arrays*

*n* : nombre de VAOs a generar

*arrays* : vector de GLuint on els noms dels VAO generats es retornen

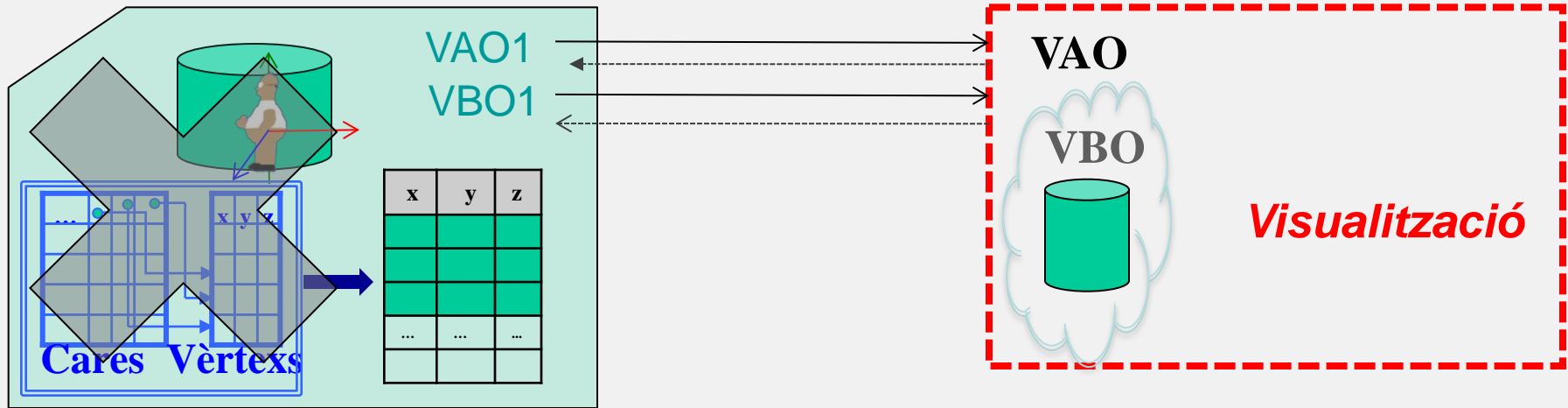
```
void glBindVertexArray (GLuint array);
```

Activa el VAO identificat per *array*

*array* : nom del VAO a activar

# Pintar en OpenGL 3.3: “core” mode

## 1. Crear en GPU/OpenGL un *VAO*. Crear *VBO*.



### Model Geomètric

`GLuint VBO1; // variable on guardarem l'identificador del VBO`

`glGenBuffers (1, &VBO1); // generació de l'identificador`

`glBindBuffer (GL_ARRAY_BUFFER, VBO1); // activació del VBO`



# Informació del model

Per a generar un VBO, descripció de les crides:

`void glGenBuffers (GLsizei n, GLuint *buffers);`

Genera *n* identificadors per a VBOs i els retorna a *buffers*

*n* : nombre de VBOs a generar

*buffers* : vector de GLuint on els noms dels VBO generats es retornen

`void glBindBuffer (GLenum target, GLuint buffer);`

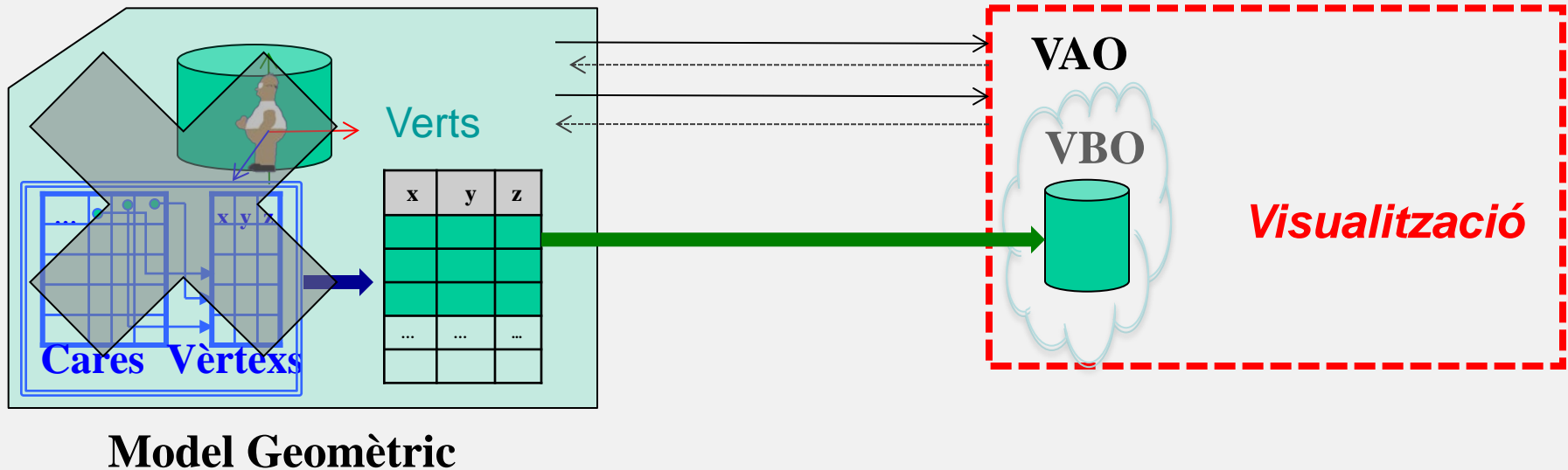
Activa el VBO identificat per *buffer*

*target* : tipus de buffer de la GPU que s'usarà (GL\_ARRAY\_BUFFER, ...)

*buffer* : nom del VBO a activar

# Pintar en OpenGL 3.3: “core” mode

1. Crear en GPU/OpenGL un *VAO*. Crear *VBO*.
2. Guardar llista de vèrtexs (amb repetició) en el *VBO*



```
glBufferData (GL_ARRAY_BUFFER, sizeof (Verts), Verts, GL_STATIC_DRAW);
```

# Informació del model

Per a omplir les dades d'un VBO:

```
void glBufferData (GLenum target, GLsizeiptr size,  
                  const GLvoid *data, GLenum usage);
```

Envia les dades que es troben en *data* per a què siguin emmagatzemades a la GPU

*target* : tipus de buffer de la GPU que s'usarà (GL\_ARRAY\_BUFFER, ...)

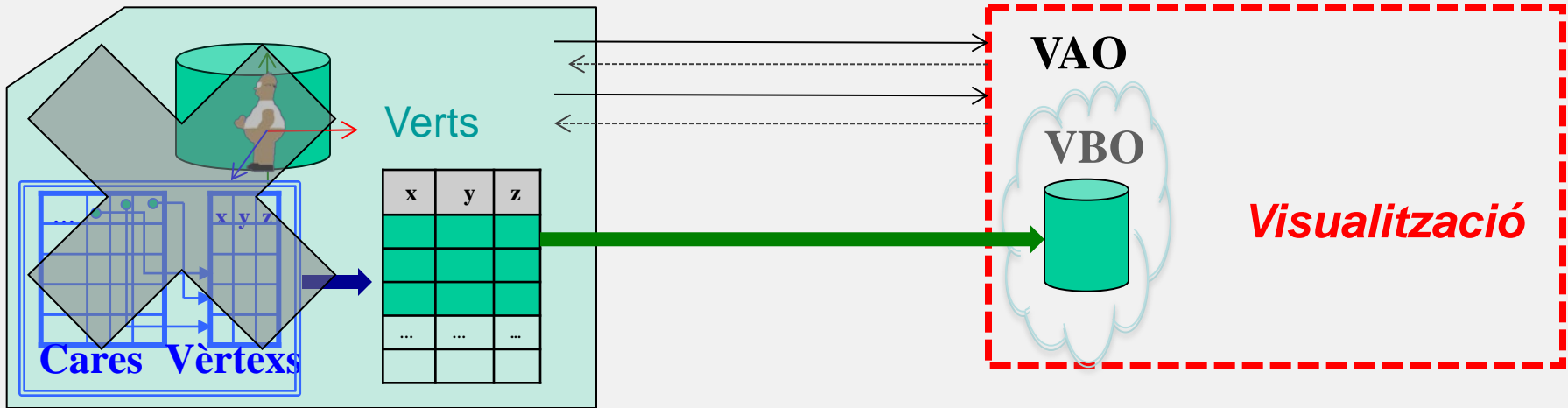
*size* : mida en bytes de les dades

*data* : apuntador a les dades

*usage* : patró d'ús esperat per a aquestes dades (GL\_STATIC\_DRAW, GL\_DYNAMIC\_DRAW, ...)

# Pintar en OpenGL 3.3: “core” mode

1. Crear en GPU/OpenGL un *VAO*. Crear *VBO*.
2. Guardar llista de vèrtexs (amb repetició) en el *VBO*



**Model Geomètric**

// Cal indicar a la GPU com ha d'interpretar les dades que li hem passat (Verts)

```
glVertexAttribPointer (vertexLoc, 3, GL_FLOAT, GL_FALSE, 0, 0);  
glEnableVertexAttribArray (vertexLoc);
```

# Informació del model

Per a indicar a la GPU l'atribut dels vèrtexs a tenir en compte:

```
void glVertexAttribPointer (GLuint index, GLint size, GLenum type,  
                             GLboolean normalized, GLsizei stride, const GLvoid *pointer);
```

Indica les característiques de l'atribut del vèrtex identificat per *index*

*index* : nom de l'atribut

*size* : nombre de components que componen l'atribut

*type* : tipus de cada component (GL\_FLOAT, GL\_INT, ...)

*normalized* : indica si els valors de cada component s'han de normalitzar

*stride* : offset en bytes entre dos atributs consecutius (normalment 0)

*pointer* : offset del primer component del primer atribut respecte al buffer (normalment 0)

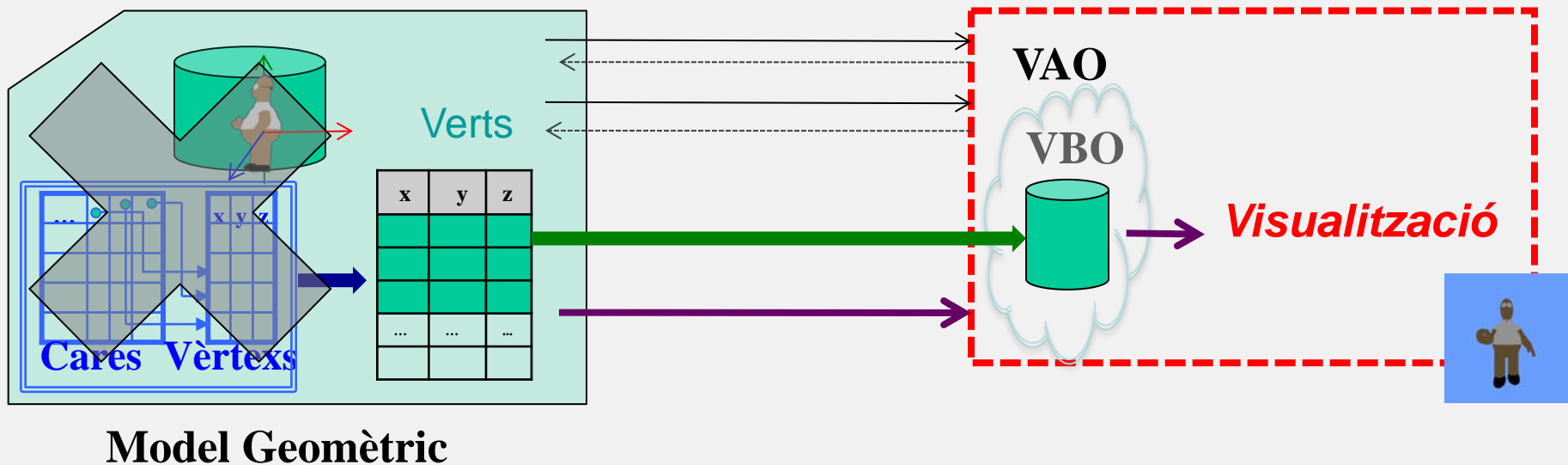
```
void glEnableVertexAttribArray (GLuint index);
```

Activa l'atribut del vèrtex identificat per *index*

*index* : nom de l'atribut a activar

# Pintar en OpenGL 3.3: “core” mode

1. Crear en GPU/OpenGL un *VAO*. Crear *VBO*.
2. Guardar llista de vèrtexs (amb repetició) en el *VBO*
3. Per pintar: Indicar el *VAO* a pintar i dir que es pinti



```
glBindVertexArray (VAO1);  
glDrawArrays (GL_TRIANGLES, 0, 3);
```

# Pintar un VAO

Per a pintar un VAO:

- 1) Activar el VAO amb `glBindVertexArray (GLuint array);`
- 2) Pintar el VAO:

`void glDrawArrays (GLenum mode, GLint first, GLsizei count);`

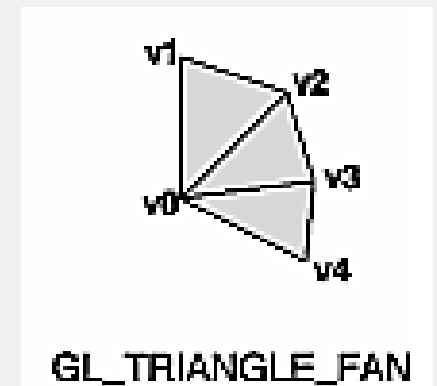
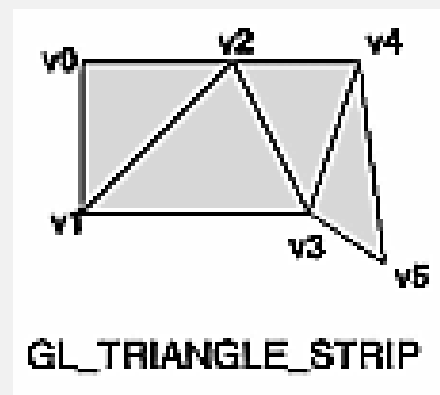
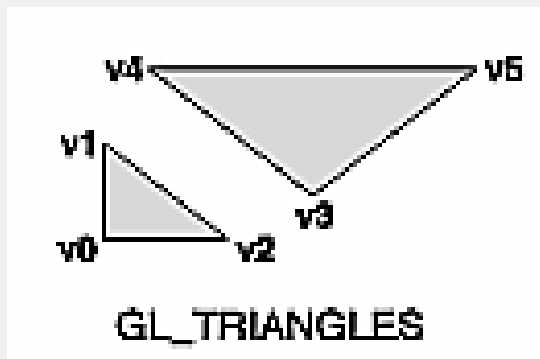
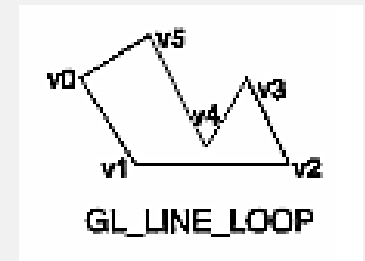
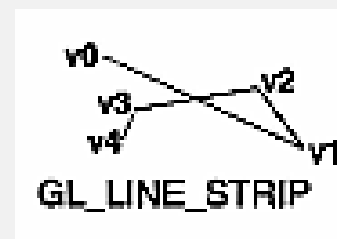
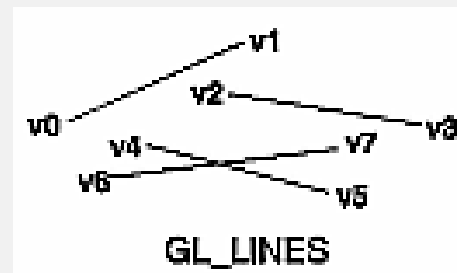
*mode* : tipus de primitiva a pintar (GL\_TRIANGLES, ...)

*first* : índex del primer element de l'array

*count* : nombre d'elements a tenir en compte de l'array

# Primitives en OpenGL

- Totes les primitives s'especifiquen mitjançant vèrtexs:





# Exemple complet

- Exemple que teniu a /assig/idi/blocs/bloc-1

Defineix els components de l'aplicació

**Bloc1\_exemple.pro**

Disseny de la interfície

**MyForm.ui**

Programa principal

**main.cpp**

Classe que hereta de QOpenGLWidget  
Implementa tot el procés de pintat

Classe que engloba la interfície

**MyForm.h**

**MyForm.cpp**

**MyGLWidget.h**

**MyGLWidget.cpp**

# Exemple complet:

## Bloc1\_exemple.pro

TEMPLATE = app

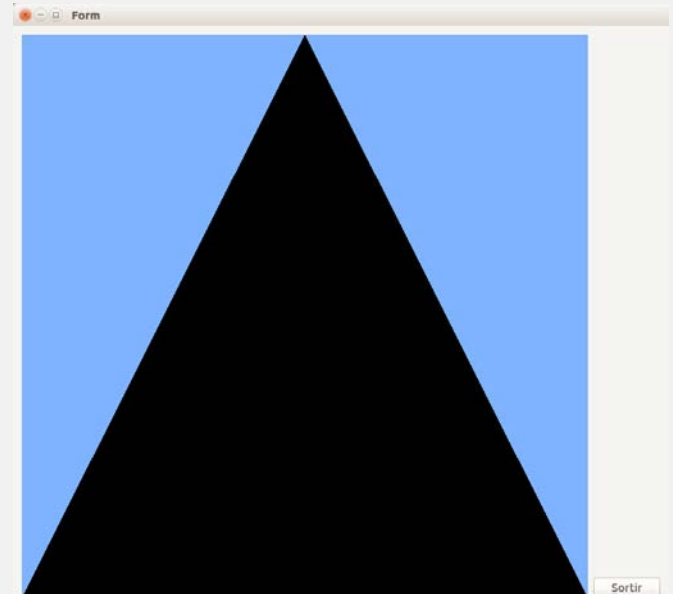
QT += opengl

INCLUDEPATH += /usr/include/glm

FORMS += MyForm.ui

HEADERS += MyForm.h MyGLWidget.h

SOURCES += main.cpp \  
MyForm.cpp MyGLWidget.cpp



# Exemple complet: main.cpp

```
#include <QApplication>
```

```
#include "MyForm.h"
```

```
int main (int argc, char **argv)
```

```
{
```

```
    QApplication a(argc, argv);
```

```
    QSurfaceFormat f;
```

```
    f.setVersion (3, 3);
```

```
    f.setProfile (QSurfaceFormat::CoreProfile);
```

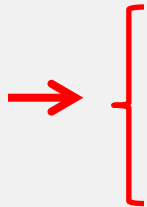
```
    QSurfaceFormat::setDefaultFormat (f);
```

```
    MyForm myf;
```

```
    myf.show ();
```

```
    return a.exec ();
```

```
}
```



# Exemple complet:

## MyGLWidget.h

```
#include <QOpenGLFunctions_3_3_Core>
#include <QOpenGLWidget>
..... // ho explicarem el proper dia
#include "glm/glm.hpp"

class MyGLWidget : public QOpenGLWidget, protected QOpenGLFunctions_3_3_Core
{
    Q_OBJECT
public:
    MyGLWidget (QWidget *parent=0);
    ~MyGLWidget ();
protected:
    virtual void initializeGL (); // Inicialitzacions del contexte gràfic
    virtual void paintGL (); // Mètode de pintat
    virtual void resizeGL (int width, int height); // Es crida quan canvia dimensió finestra
private:
    void creaBuffers ();
    ..... // ho explicarem el proper dia
    GLuint VAO1, vertexLoc;
    GLint ample, alt;
};
```



# Exemple complet:

## MyGLWidget.h

```
#include <QOpenGLFunctions_3_3_Core>
```

```
#include <QOpenGLWidget>
```

```
..... // ho explicarem el proper dia
```

```
#include "glm/glm.hpp"
```

```
→ class MyGLWidget : public QOpenGLWidget, protected QOpenGLFunctions_3_3_Core
{
    Q_OBJECT
public:
    MyGLWidget (QWidget *parent=0);
    ~MyGLWidget ();
protected:
    → { virtual void initializeGL (); // Inicialitzacions del contexte gràfic
        virtual void paintGL (); // Mètode de pintat
        virtual void resizeGL (int width, int height); // Es crida quan canvia dimensió finestra
    private:
        void creaBuffers ();
        ..... // ho explicarem el proper dia
        GLuint VAO1, vertexLoc;
        GLint ample, alt;
};
```

# Exemple complet:

## MyGLWidget.h

```
#include <QOpenGLFunctions_3_3_Core>
#include <QOpenGLWidget>
..... // ho explicarem el proper dia
#include "glm/glm.hpp"

class MyGLWidget : public QOpenGLWidget, protected QOpenGLFunctions_3_3_Core
{
    Q_OBJECT
public:
    MyGLWidget (QWidget *parent=0);
    ~MyGLWidget ();
protected:
    virtual void initializeGL (); // Inicialitzacions del contexte gràfic
    virtual void paintGL (); // Mètode de pintat
    virtual void resizeGL (int width, int height); // Es crida quan canvia dimensió finestra
private:
    → void creaBuffers ();
    ..... // ho explicarem el proper dia
    → GLuint VAO1, vertexLoc;
    GLint ample, alt;
};
```

# Exemple complet:

## MyGLWidget.cpp (1)

```
#include "MyGLWidget.h"
```

```
MyGLWidget::MyGLWidget (QWidget* parent) : QOpenGLWidget (parent), program(NULL)
{
    setFocusPolicy(Qt::StrongFocus); // per rebre events de teclat
}
MyGLWidget::~MyGLWidget ()
{
    if (program != NULL) delete program;
}

void MyGLWidget::initializeGL ()
{
    // cal inicialitzar l'ús de les funcions d'OpenGL
    initializeOpenGLFunctions ();

    glClearColor (0.5, 0.7, 1.0, 1.0); // defineix color de fons (d'esborrat)
    ..... // ho explicarem el proper dia
    creaBuffers();
}
```

# Exemple complet:

## MyGLWidget.cpp (2)

```
void MyGLWidget::creaBuffers ()
{
    glm::vec3 Vertices[3]; // Tres vèrtexs amb X, Y i Z
    Vertices[0] = glm::vec3(-1.0, -1.0, 0.0);
    Vertices[1] = glm::vec3(1.0, -1.0, 0.0);
    Vertices[2] = glm::vec3(0.0, 1.0, 0.0);
    // Creació del Vertex Array Object (VAO) que usarem per pintar
    glGenVertexArrays(1, &VAO1);
    glBindVertexArray(VAO1);
    // Creació del buffer amb les dades dels vèrtexs
    GLuint VBO1;
    glGenBuffers(1, &VBO1);
    glBindBuffer(GL_ARRAY_BUFFER, VBO1);
    glBufferData(GL_ARRAY_BUFFER, sizeof(Vertices), Vertices, GL_STATIC_DRAW);
    // Activem l'atribut que farem servir per vèrtex
    glVertexAttribPointer(vertexLoc, 3, GL_FLOAT, GL_FALSE, 0, 0);
    glEnableVertexAttribArray(vertexLoc);
    // Desactivem el VAO
    glBindVertexArray(0);
}
```



# Exemple complet:

## MyGLWidget.cpp (3)

```
void MyGLWidget::paintGL ()
{
    glClear (GL_COLOR_BUFFER_BIT); // Esborrem el frame-buffer

    // glViewport (0, 0, ample, alt); // Aquesta crida només cal si paràmetres diferents

    // Activem l'Array a pintar
    glBindVertexArray(VAO1);
    // Pintem l'escena
    glDrawArrays(GL_TRIANGLES, 0, 3);
    // Desactivem el VAO
    glBindVertexArray(0);
}

void MyGLWidget::resizeGL (int w, int h)
{
    ample = w;
    alt = h;
}
```

# Exercicis sessió 1.1

El que cal que feu en aquesta sessió és:

- 1) Copieu-vos l'exemple, compileu-lo i proveu-lo.
- 2) Feu els exercicis que teniu al guió per a aquesta sessió:
  - 1) Jugueu amb les coordenades dels vèrtexs, tingueu en compte que el món que estem veient és aquell en què  $x$ ,  $y$ , i  $z$  pertanyen a  $[-1, 1]$ .
  - 2) Fes que pinti un quadrat (usant triangles).
  - 3) Fes que pinti una caseta (3 triangles).
  - 4) Pinta dos objectes. Cal crear un nou VAO per al segon objecte, així com el VBO corresponent i l'atribut també. A l'hora de pintar cal pintar tots dos objectes.
  - 5) Juga amb la crida a `glViewport(...)`: Primer viewport més petit i després dos viewports.

# Exercicis sessió 1.1

