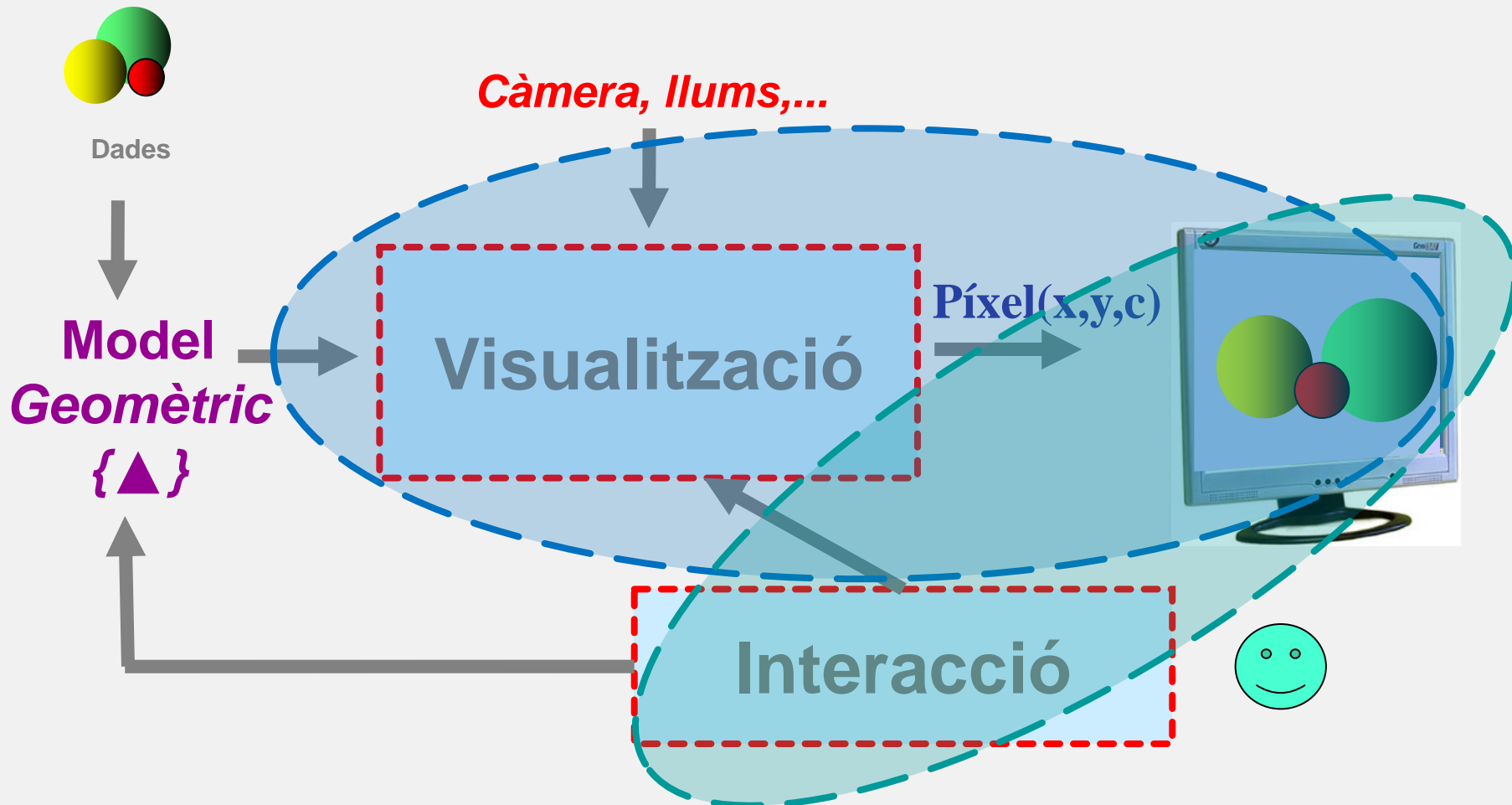


Laboratori OpenGL – Sessió 1.1

- Introducció
- Llibreria 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.



Projet Qt (recordatori)

main.cpp

```
#include <QApplication>
```

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

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

```
{
```

```
→ QApplication a(argc, argv);
```

```
MyForm myf;
```

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

```
→ return a.exec ();
```

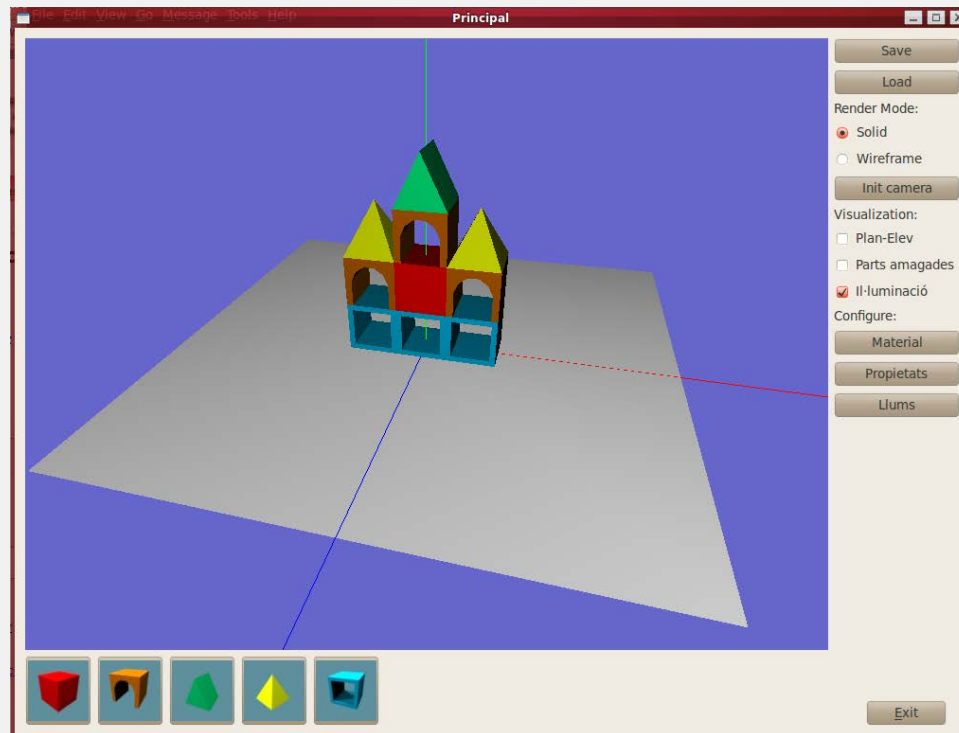
```
}
```

Projecte Qt (recordatori)

- El fitxer `.pro` conté la descripció del projecte que estem programant
- Utilitzar les comandes `qmake` i `make`.
 - `qmake` (al laboratori cal fer `qmake-qt5`)
 - `make`.

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.

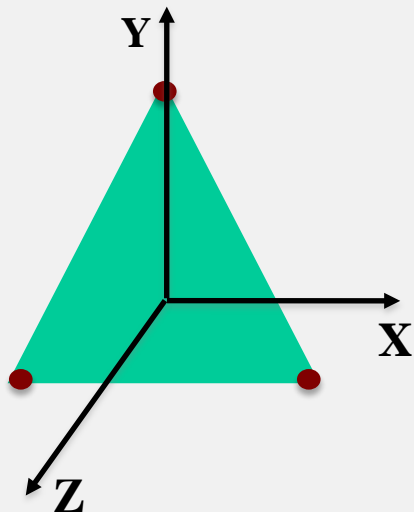
Mètodes virtuals que cal implementar:

- *initializeGL ()*
 - Codi d'inicialització d'OpenGL.
 - Qt la cridarà abans de la 1^a 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)
- ...

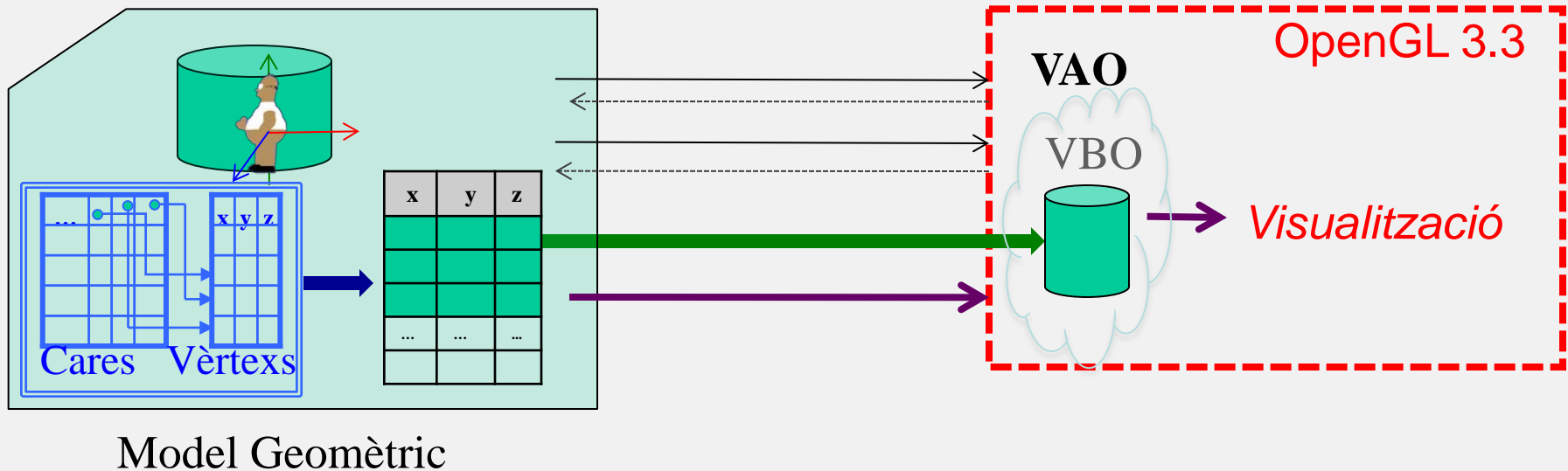
Per a cada model cal generar un Vertex Array Object (VAO).

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

Pintarem els VAOs.

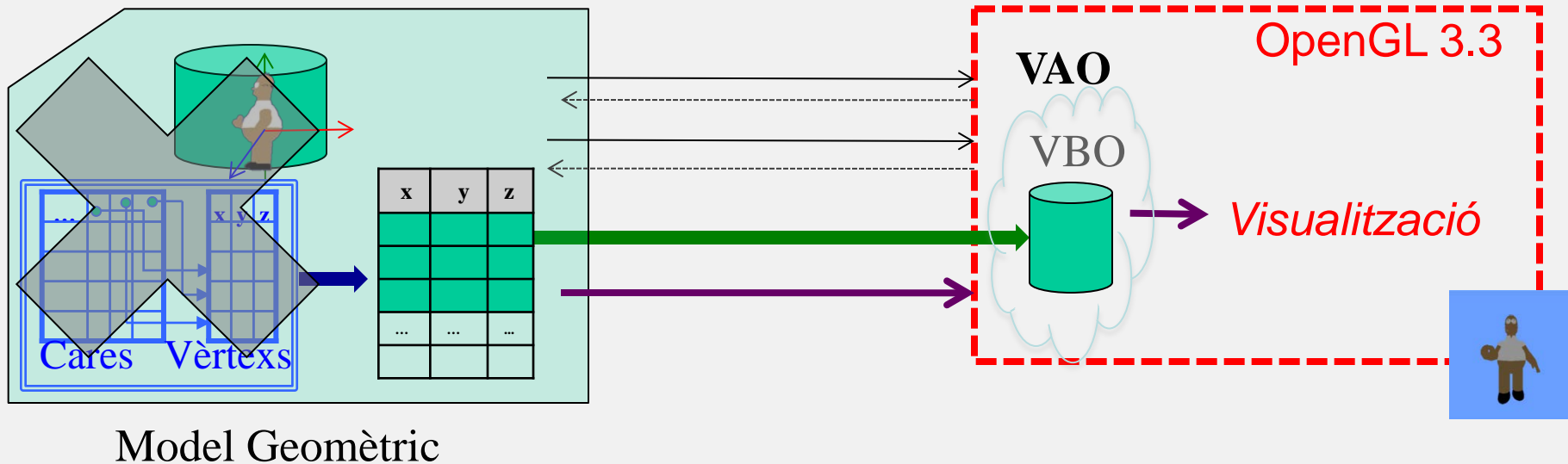
Pintar en OpenGL 3.3: “core” mode

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.



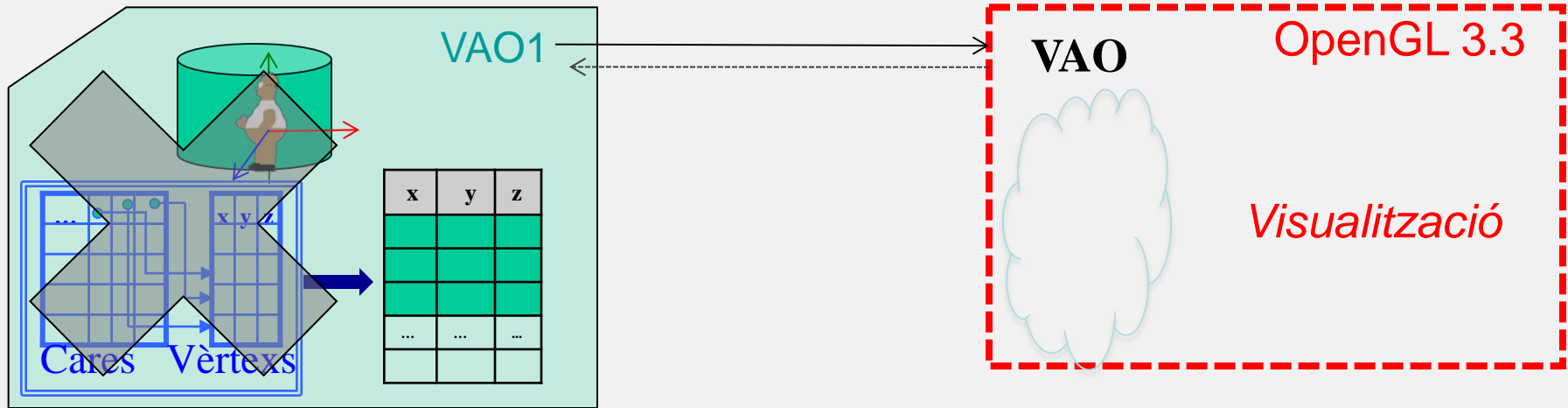
Pintar en OpenGL 3.3: “core” mode

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

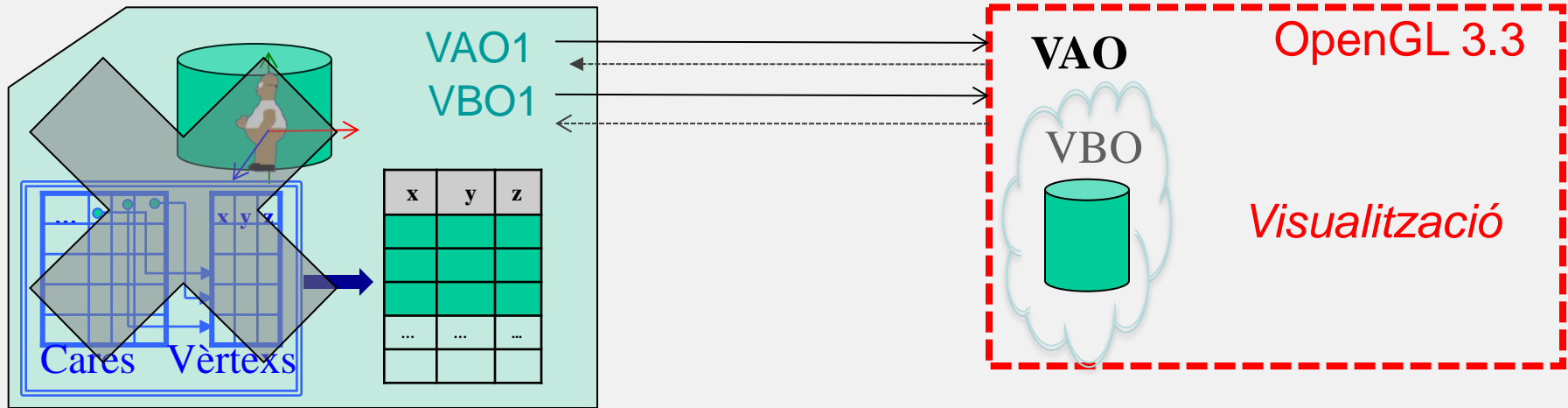
```
void glBindVertexArray (GLuint array);
```

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);
```

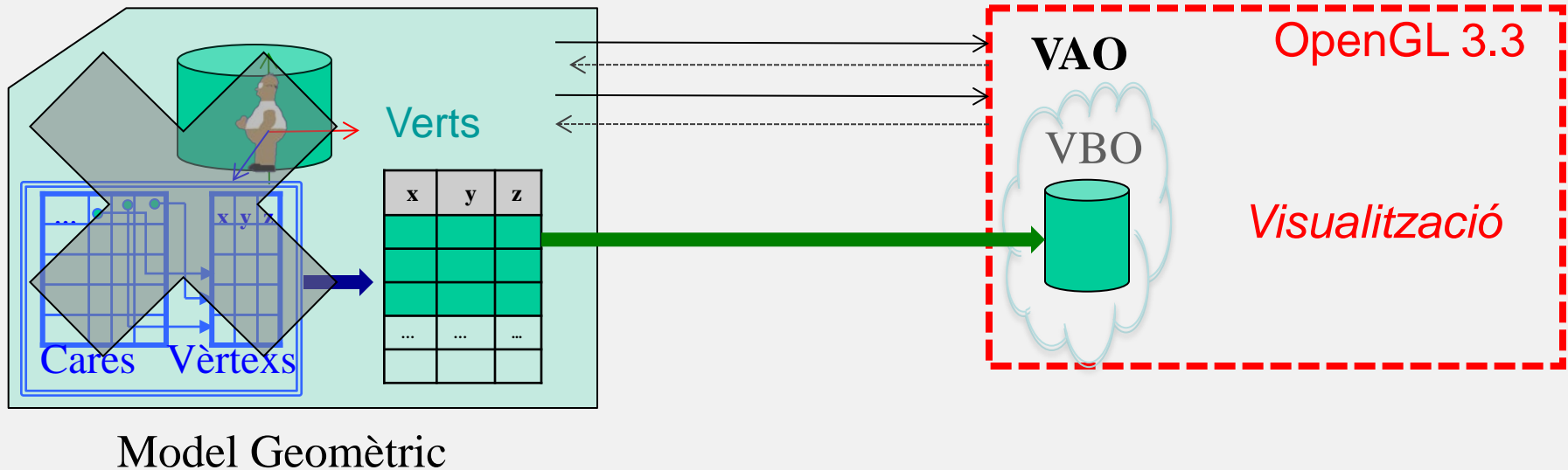
Activa el VBO identificat per *buffer*

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, ...)

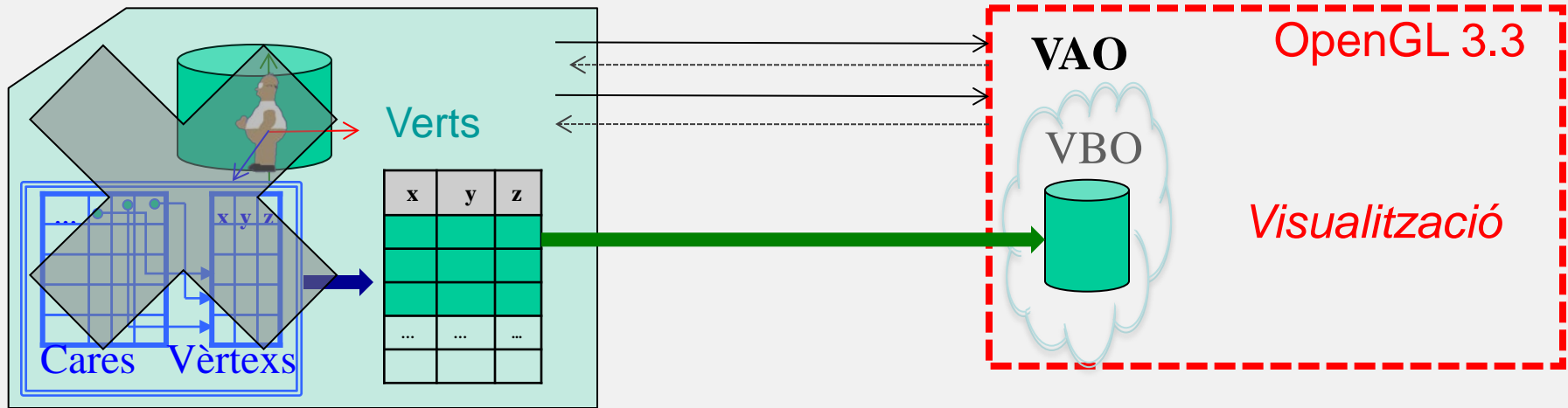
size : mida en bytes de les dades

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)

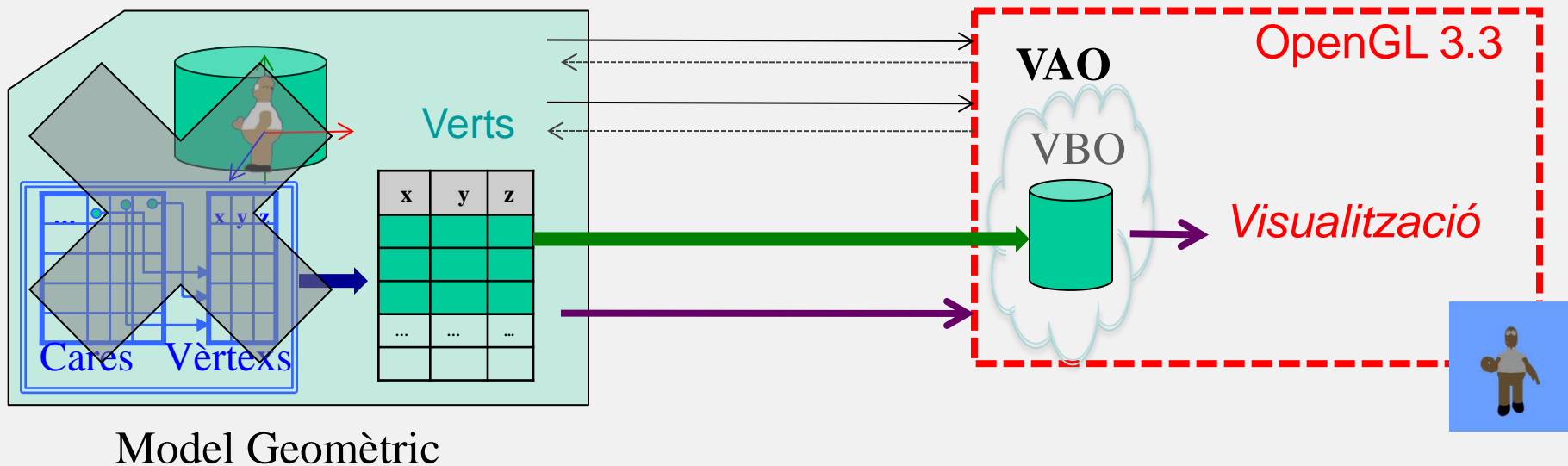
```
void glEnableVertexAttribArray (GLuint index);
```

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);`

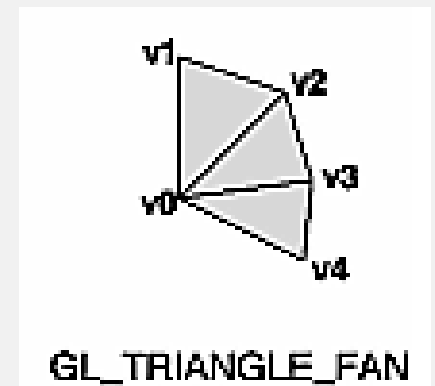
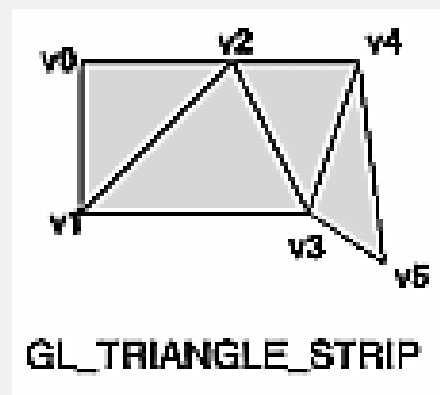
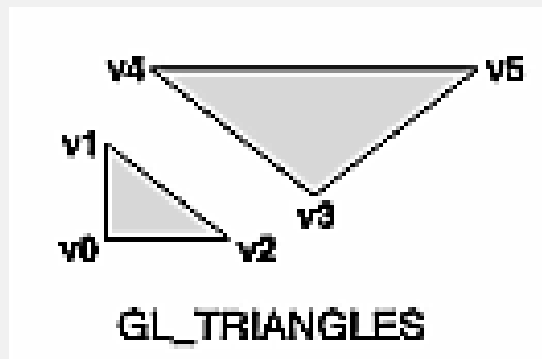
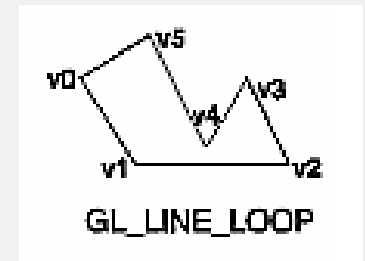
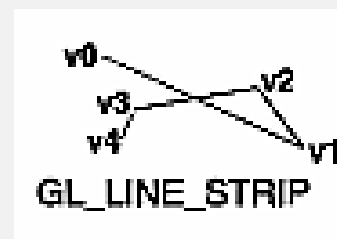
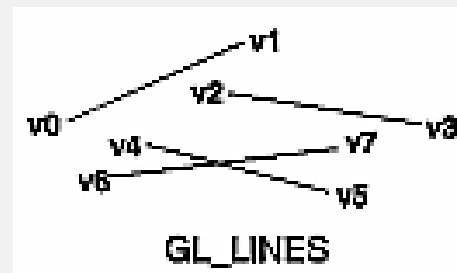
mode : tipus de primitiva a pintar (GL_TRIANGLES, ...)

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

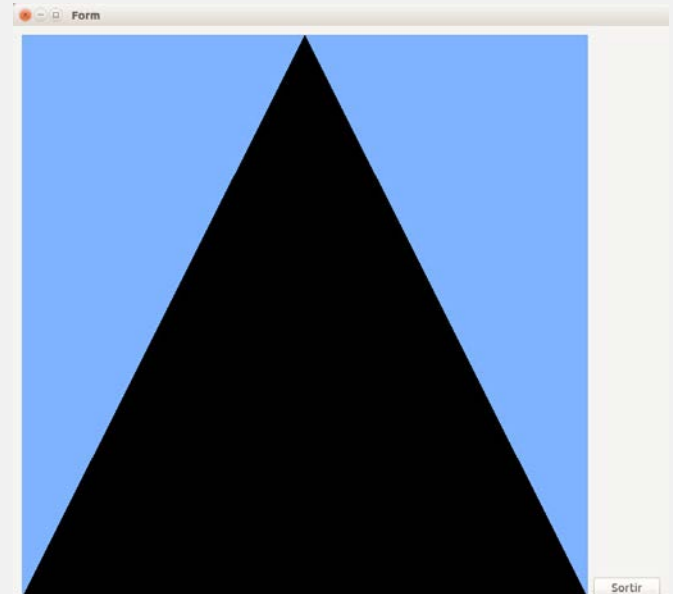
QT += opengl

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

