Laboratori de G

Professors de G

2021

Laboratori

- Primera meitat: shaders (GLSL)
- Segona meitat: shaders (GLSL) + aplicacions (C++, Qt, OpenGL)
- Usarem un visualitzador propi: viewer (aka GLArena)
- Metodologia bàsica:
  - Professor: explicacions (curtes excepte primera sessió de cada meitat)
  - Estudiants: implementació exercicis proposats ("obligatoris"/"opcionals")
- Material: https://www.cs.upc.edu/~virtual/G/index.php?dir=2.%20Laboratori/
- Avaluació: preguntes als exàmens + dos controls de lab.
- Plagiarisme: a tots els actes avaluatius de G, el que lliureu (respostes, codi font...) ha de ser d'**autoria pròpia**. Altrament (còpia d'un altre estudiant, de repositoris externs, d'acadèmies, autoria compartida...) es considera frau.

Vertex shaders i Fragment shaders
Entorn per a desenvolupar shaders (viewer)

Professors de Gràfics

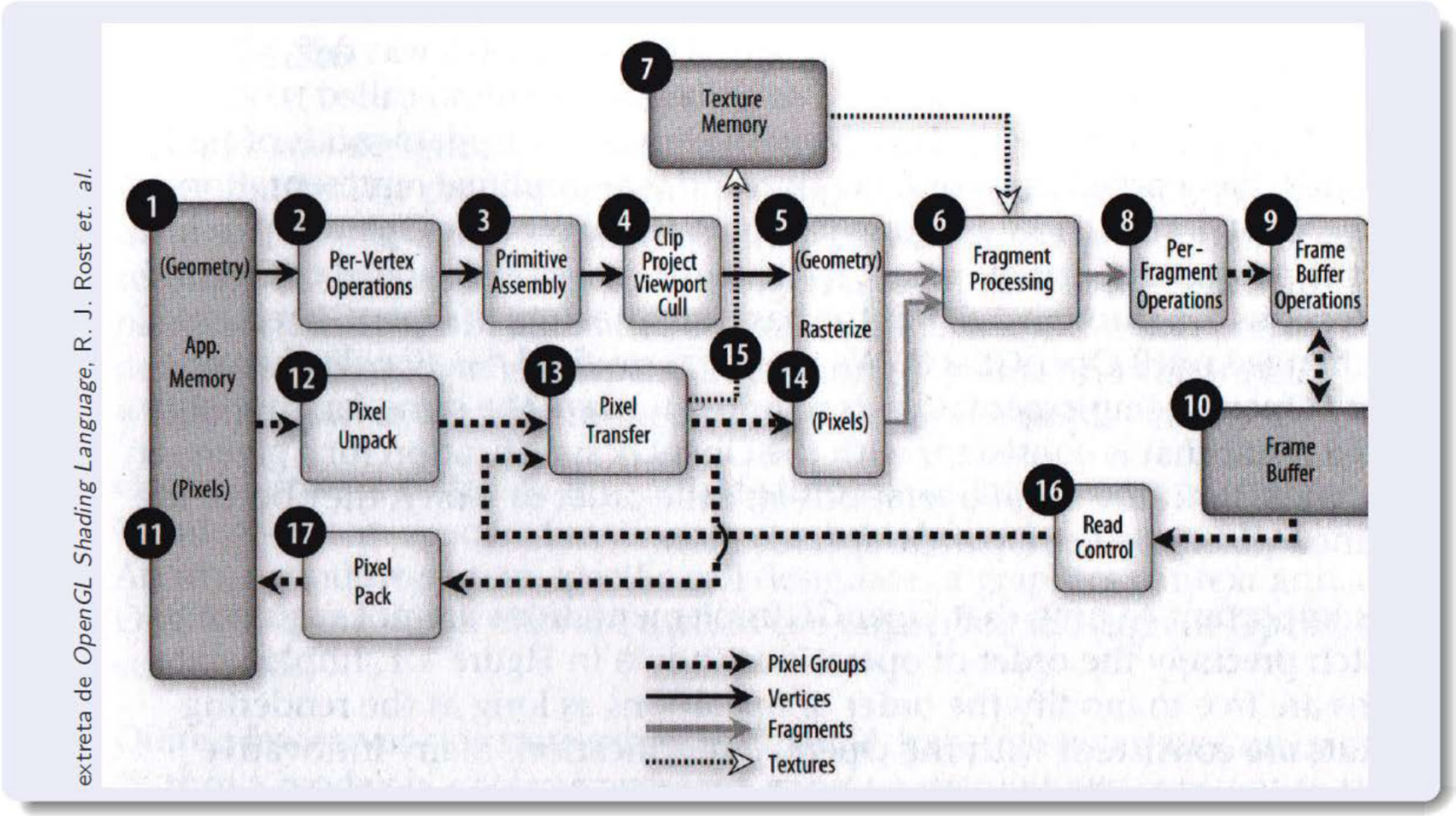
2021

Versions i pipelines d’OpenGL

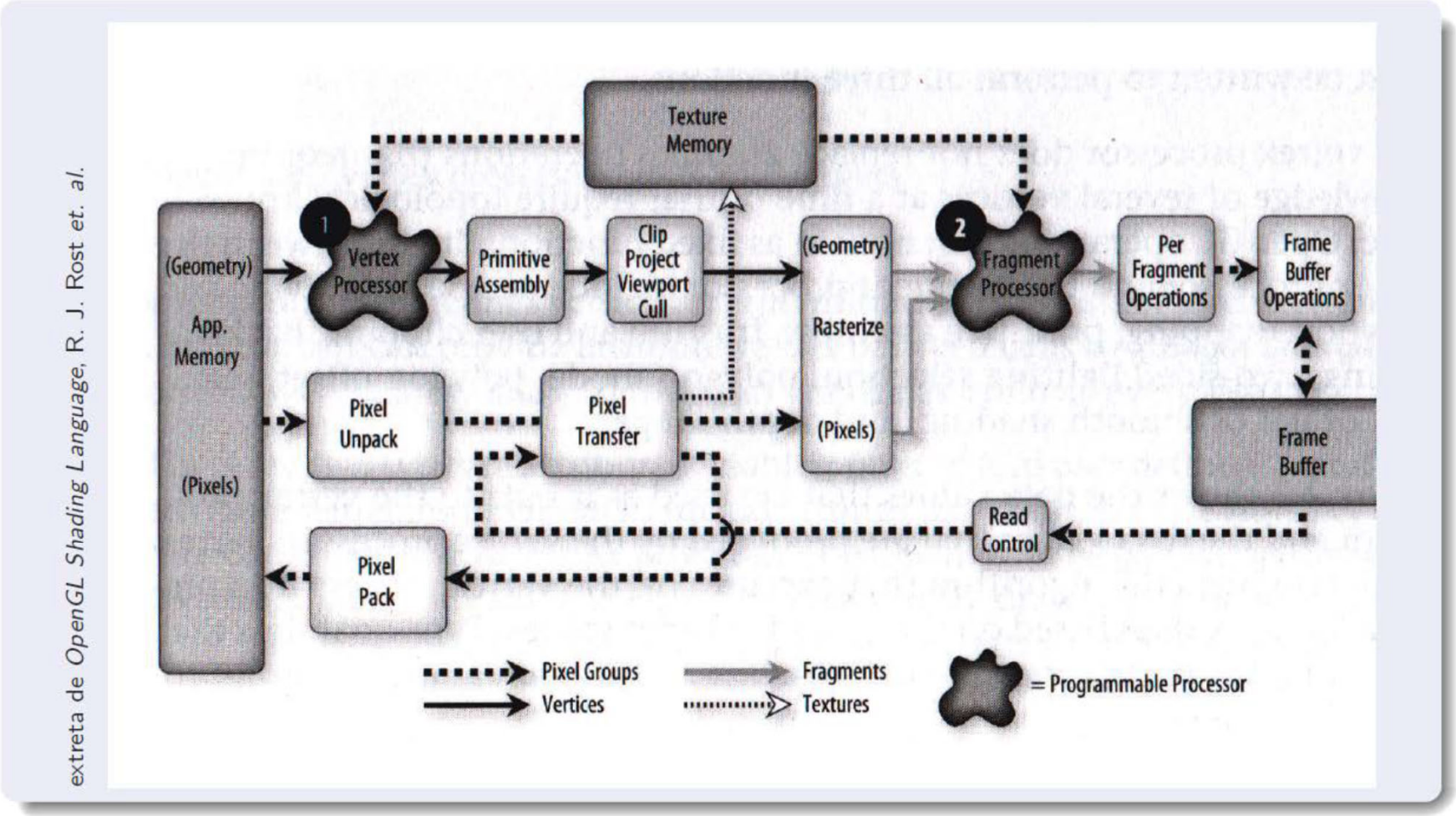
OpenGL

1.0	(1992)	Primera versió
	...	
2.0	(2004)	VS + FS
	...	
3.0	(2008)	Core profile / Compatibility profile
3.1	(2009)	Millores GLSL
3.2	(2009)	Geometry shaders (GS)
3.3	(2010)	Usada al lab de gràfics
4.0	(2010)	Tessellation shaders (TCS + TES)
	...	
4.3	(2012)	Compute shaders (CS)
	...	
4.6	(2017)	Darrera versió publicada

Pipeline fix

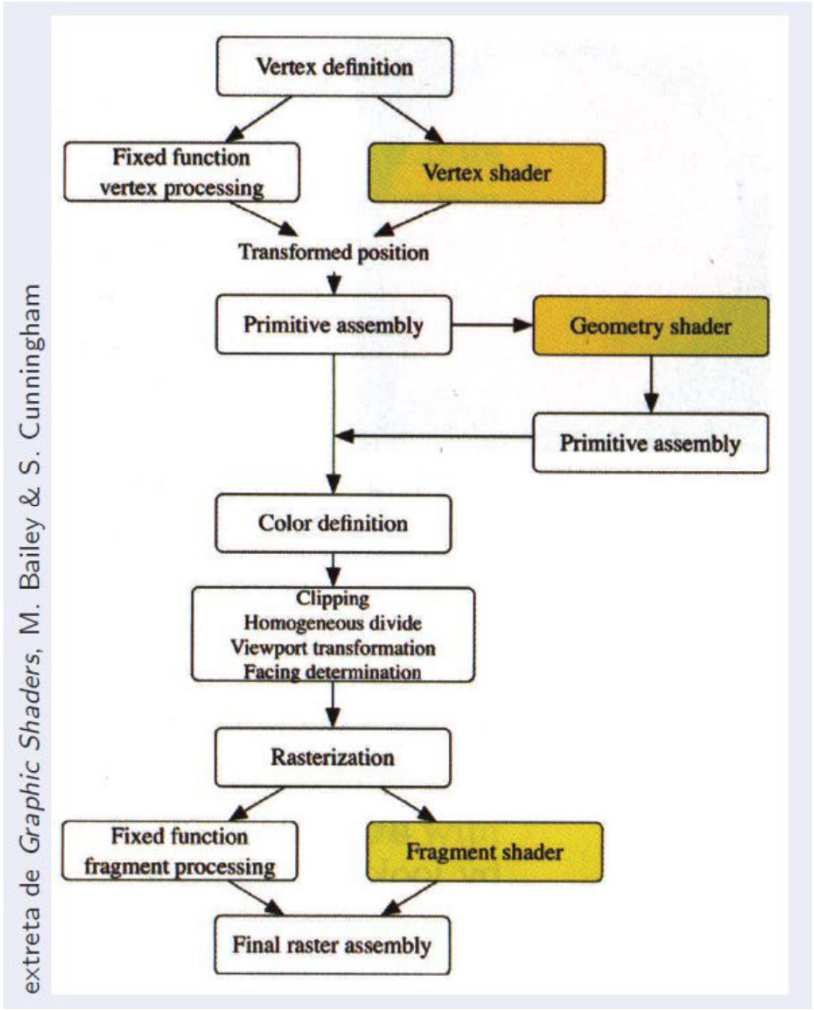


Pipeline programable (VS + FS) 2.0+

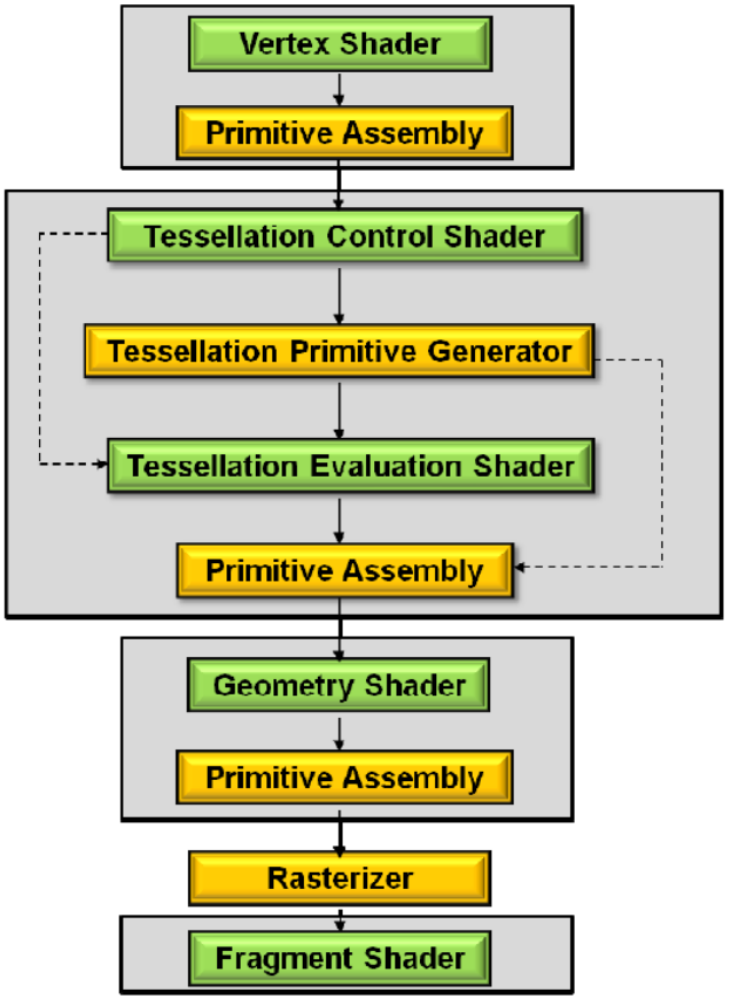


extreta de *OpenGL Shading Language*, R. J. Rost *et. al.*

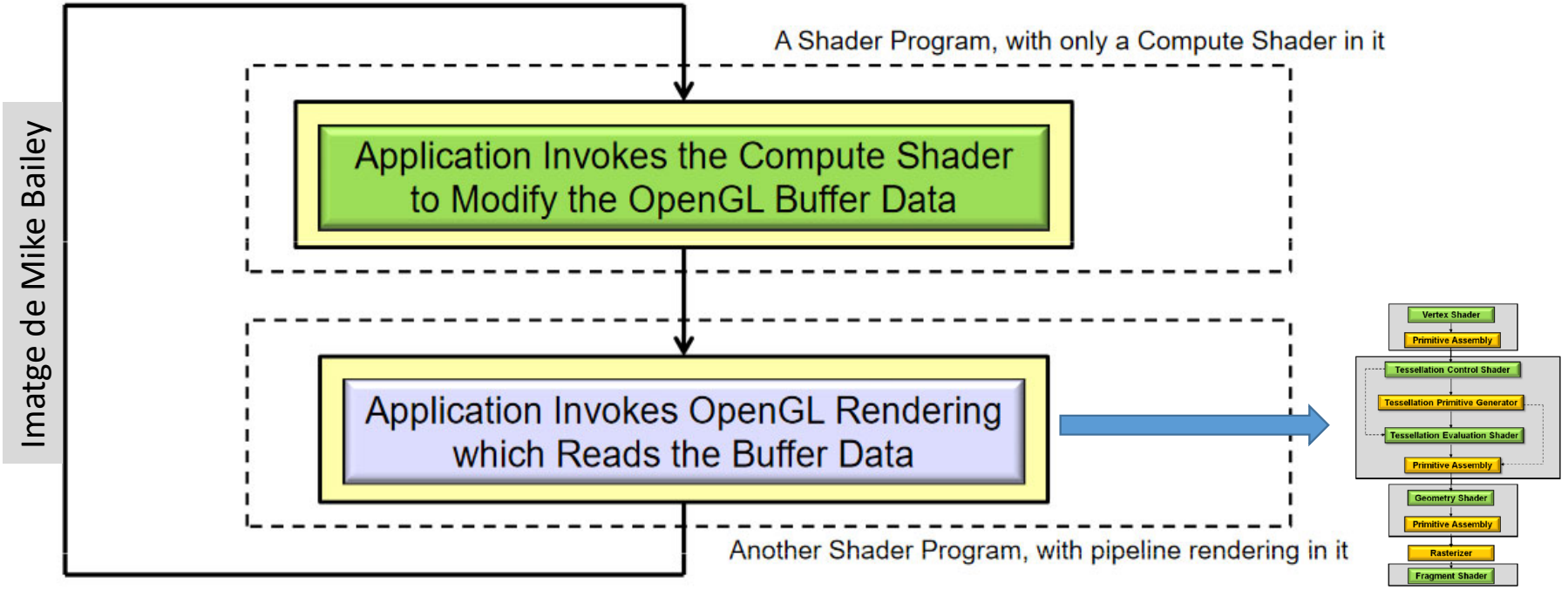
Pipeline programable (VS + GS + FS) 3.2+



Pipeline programable (VS + TCS + TES + GS + FS) 4.0+



Pipeline programable (4.3+)

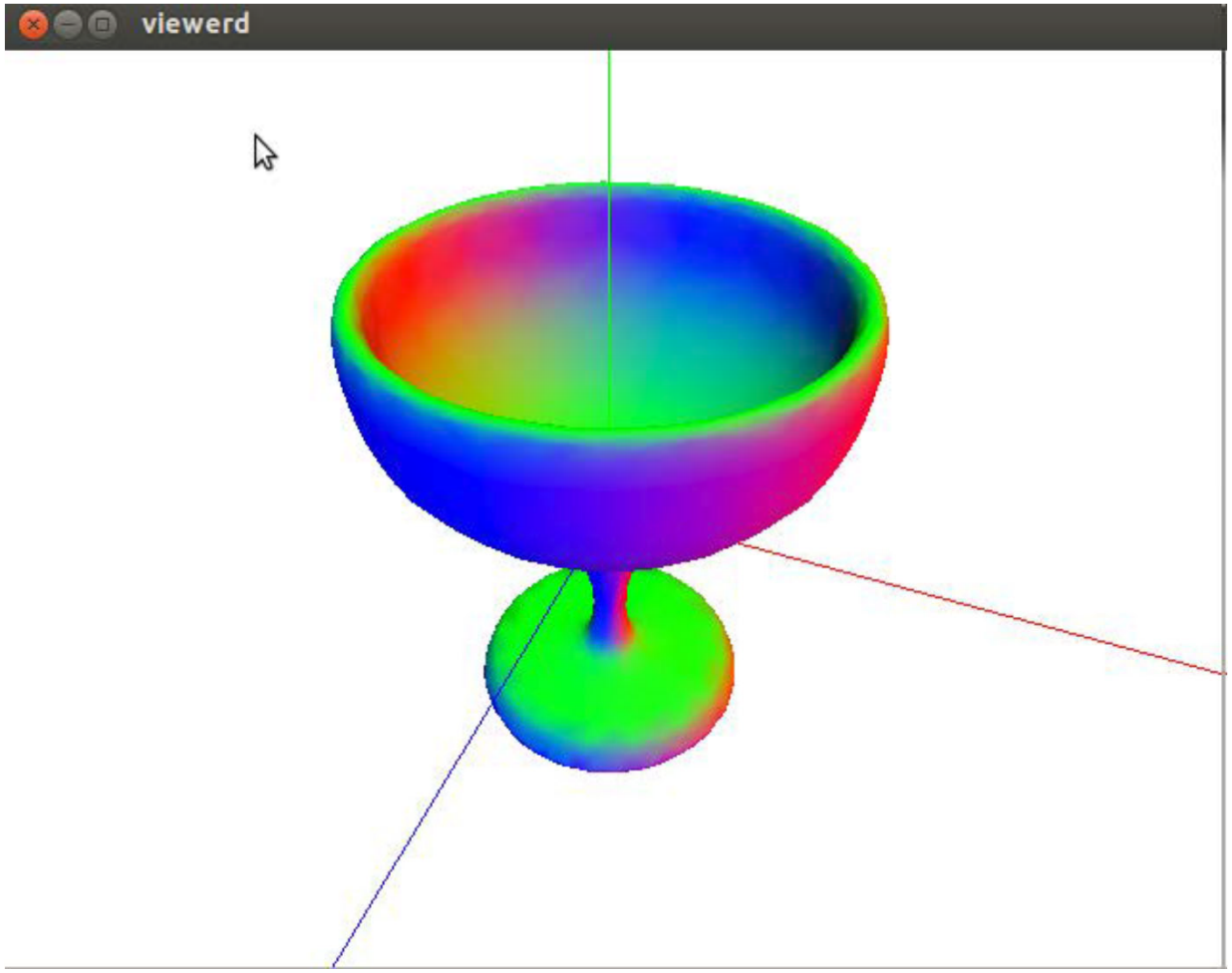


OpenGL

1.0	(1992)	Primera versió
	...	
2.0	(2004)	VS + FS
	...	
3.0	(2008)	Core profile / Compatibility profile
3.1	(2009)	Millores GLSL
3.2	(2009)	Geometry shaders (GS)
3.3	**(2010)**	**Usada al lab de gràfics (VS+FS, VS+GS+FS)**
4.0	(2010)	Tessellation shaders (TCS + TES)
	...	
4.3	(2012)	Compute shaders (CS)
	...	
4.6	(2017)	Darrera versió publicada

Viewer

Viewer



Viewer als labs de la FIB

- Funciona en linux
- És recomanable crear una carpeta amb els shaders que anireu creant:

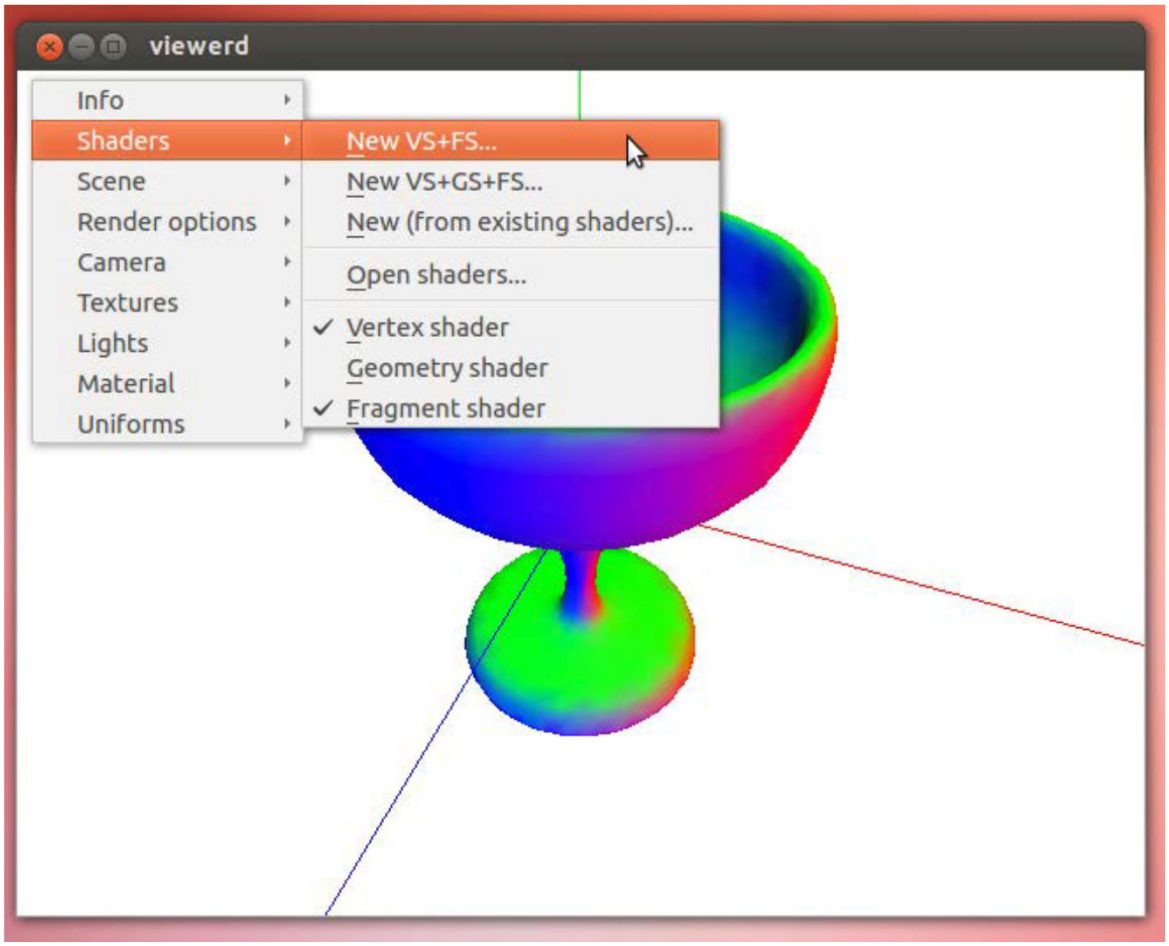
  `mkdir shaders` (on vulgueu)

  `cd shaders/`

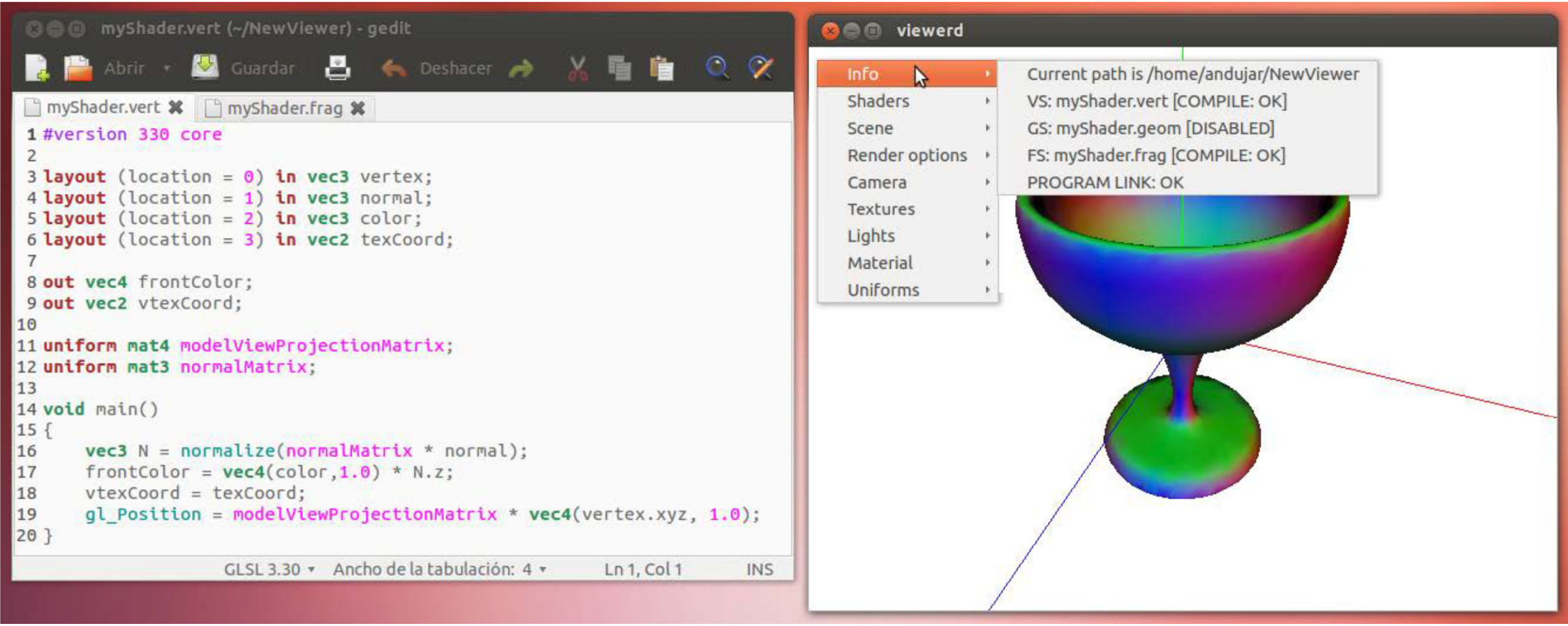
  `~/assig/grau-g/Viewer/GLarenaSL`

  Premeu [SPACE] per accedir al menú

Viewer


viewerd
Info
Shaders
Scene
Render options
Camera
Textures
Lights
Material
Uniforms
New VS+FS...
New VS+GS+FS...
New (from existing shaders)...
Open shaders...
Vertex shader
Geometry shader
Fragment shader

Viewer


myShader.vert (~/NewViewer) - gedit
Abrir
Guardar
Deshacer
myShader.vert
myShader.frag
1 #version 330 core
2
3 layout (location = 0) in vec3 vertex;
4 layout (location = 1) in vec3 normal;
5 layout (location = 2) in vec3 color;
6 layout (location = 3) in vec2 texCoord;
7
8 out vec4 frontColor;
9 out vec2 vtexCoord;
10
11 uniform mat4 modelViewProjectionMatrix;
12 uniform mat3 normalMatrix;
13
14 void main()
15 {
16 vec3 N = normalize(normalMatrix * normal);
17 frontColor = vec4(color,1.0) * N.z;
18 vtexCoord = texCoord;
19 gl_Position = modelViewProjectionMatrix * vec4(vertex.xyz, 1.0);
20 }
GLSL 3.30
Ancho de la tabulación: 4
Ln 1, Col 1
INS
viewerd
Info
Shaders
Scene
Render options
Camera
Textures
Lights
Material
Uniforms
Current path is /home/andujar/NewViewer
VS: myShader.vert [COMPILE: OK]
GS: myShader.geom [DISABLED]
FS: myShader.frag [COMPILE: OK]
PROGRAM LINK: OK

Configuració de **gedit** als labs de la FIB

- Activar syntax highlighting per GLSL 3.30:

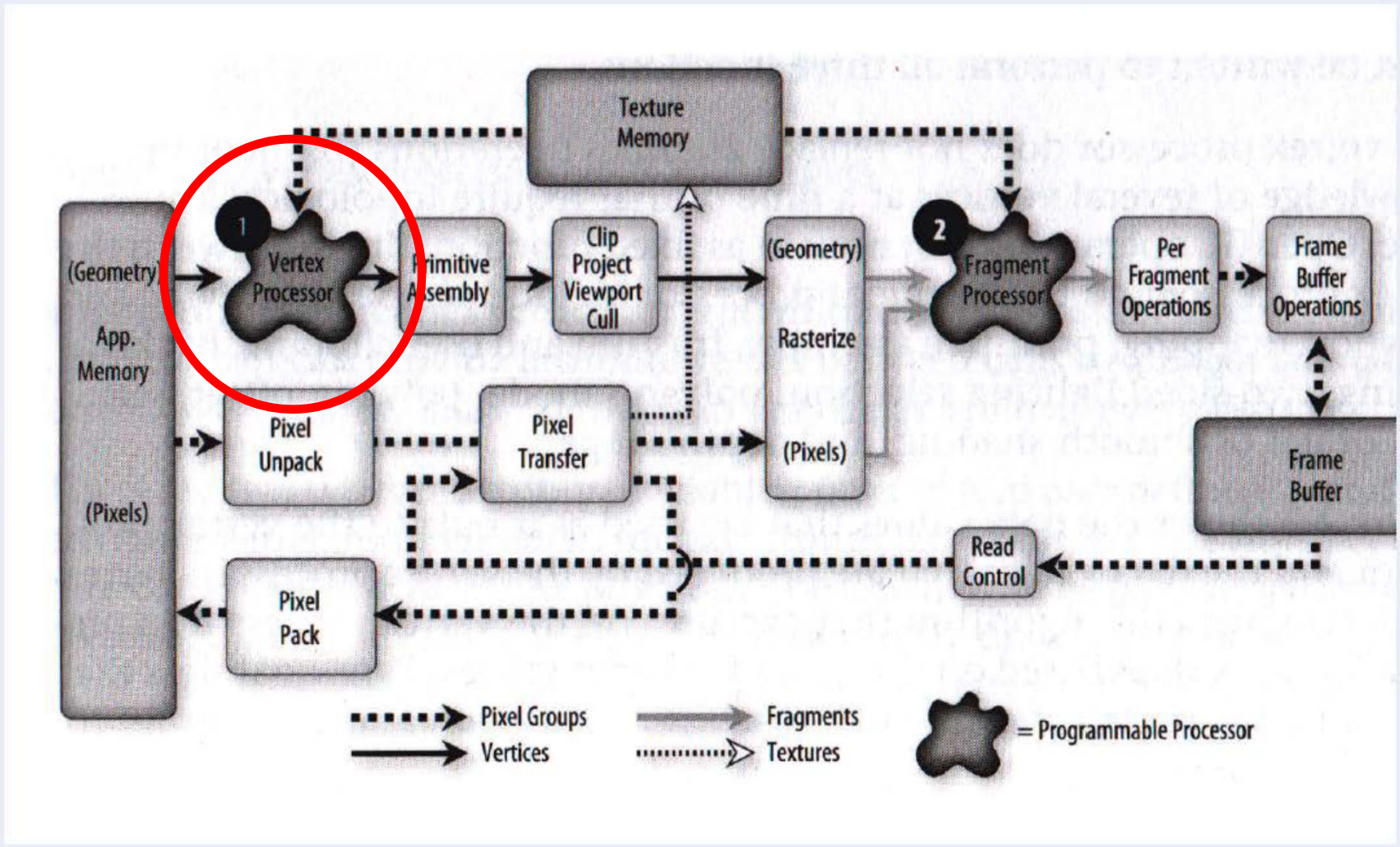
  ~/assig/grau-g/gedit-config

- Activar el plugin “snippets” del gedit (**Preferences**-**Plugins**-**Snippets**)

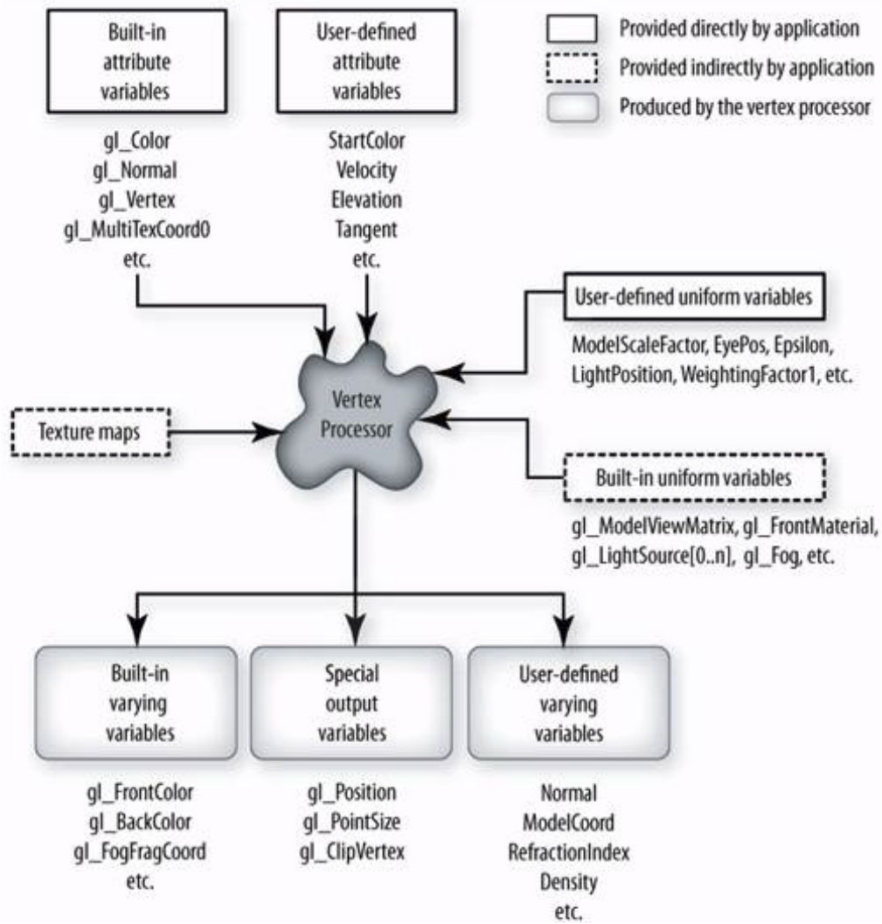
  Fa que **defs**[TAB] s’expandeixi a les declaracions de tots els uniforms que envia el viewer

Vertex shaders

extreta de *OpenGL Shading Language*, R. J. Rost *et. al.*



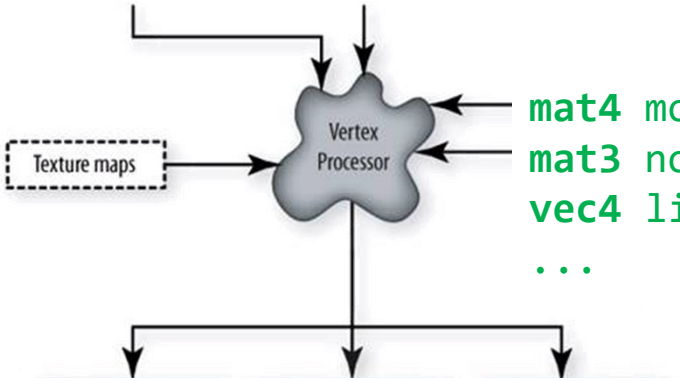
VS (compatibility profile)



VS (3.3 core profile)

Attributes (user-defined)

```
vec3 vertex;     // object space
vec3 normal;     // object space
vec3 color;
vec2 texCoord;   // coordenadas de textura
...
```



Uniforms (user-defined, read-only)

```
mat4 modelViewMatrix;
mat3 normalMatrix;
vec4 lightAmbient;
...
```

Outputs

```
vec4 gl_Position;   // predefinit; usualment en clip space
vec4 frontColor;
```

viewer tiene alguno uniforms definidos
- todas las matrices de camara.

VS: entrades

Atributs definits pel viewer (cal declarar-los al VS):

```
layout(location= 0) in vec3 vertex;    // object space
layout(location= 1) in vec3 normal;    // object space; unitària
layout(location= 2) in vec3 color;     // color en RGB; valors en [0,1]
layout(location= 3) in vec2 texCoord;  // coordenades de textura (s,t)
```

Que quiere decir layout(location=0)? identificador location = x, por ejemplo el vertex viene con el identificador 0 de location, etc forzamos a que la variable vertex tiene el idenficador location 0.

VS: uniforms

Variables uniform que envia el viewer (cal declarar-les):

```
uniform mat4 modelMatrix;
uniform mat4 viewMatrix;
uniform mat4 projectionMatrix;
uniform mat4 modelViewMatrix;
uniform mat4 modelViewProjectionMatrix;

uniform mat4 modelMatrixInverse;
uniform mat4 viewMatrixInverse;
uniform mat4 projectionMatrixInverse;
uniform mat4 modelViewMatrixInverse;
uniform mat4 modelViewProjectionMatrixInverse;

uniform mat3 normalMatrix;
```

-> estamos multiplicando la modelMatrix*viewMatrix y estaremos pasando de model a observador

nos permite pasar la normal de coodenada del model a coordenadas del observador.

VS: uniforms

cálculo de iluminación

Variables uniform que envia el viewer (cal declarar-les):

```
uniform vec4 lightAmbient;
uniform vec4 lightDiffuse;
uniform vec4 lightSpecular;
uniform vec4 lightPosition;       // (sempre estarà en eye space)

uniform vec4 matAmbient;
uniform vec4 matDiffuse;
uniform vec4 matSpecular;
uniform float matShininess;
```

VS: uniforms

el viewer genera estas variables uniform.

Variables uniform que envia el viewer (cal declarar-les):

```
uniform vec3 boundingBoxMin;  // cantonada de la capsa englobant
uniform vec3 boundingBoxMax;  // cantonada de la capsa englobant

uniform vec2 mousePosition;   // pos del cursor (window space); origen BL
```

pixels-> coord. de dispositivo

```
uniform float time;           // temps (segons) des de la darrera compilació
```

VS: sortides

Output variables (pel VS són de sortida; pel FS són d'entrada):

debemos asignar gl_position las coordenadas del vertex en el sistema que toque. Por ejemplo: las de coord. de clipping

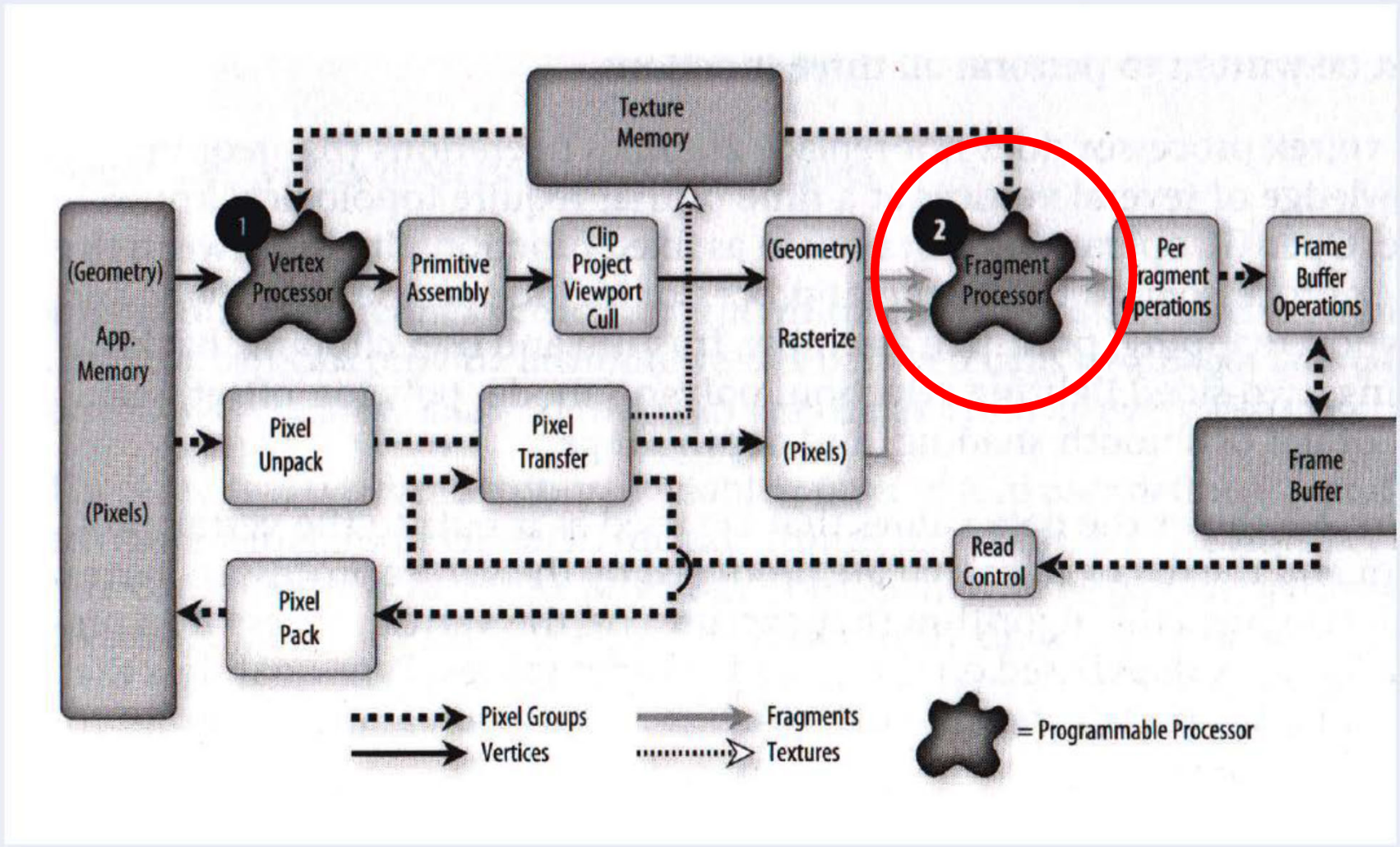
- **out vec4 gl_Position** (predeclarada; habitualment en clip space)
- Qualsevol altre definida per l'usuari. Exemples: color, coordenades del vèrtex, normal, coordenades de textura... que salga de vs al fs

VS

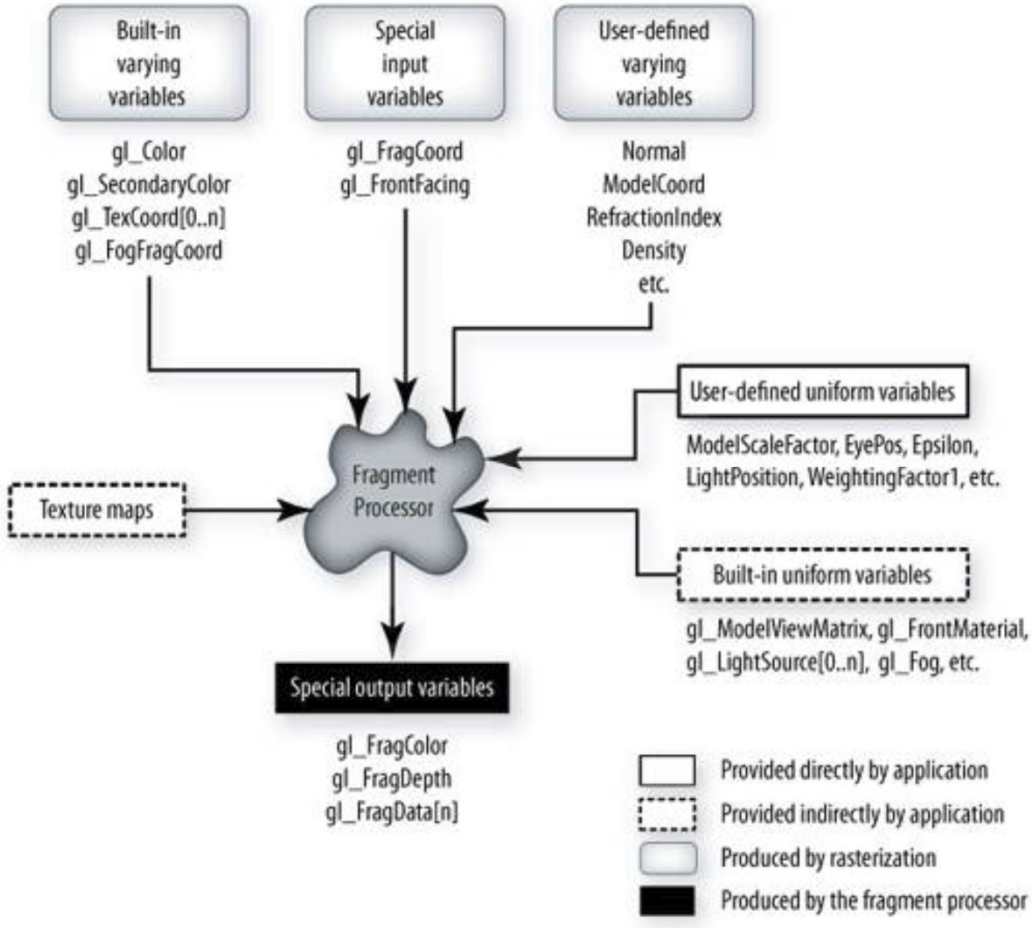
- El VS s'executa per cada vèrtex que s'envia a OpenGL.
- Les tasques habituals d'un VS són:
  - Transformar el vèrtex (object space → clip space)
  - Transformar i normalitzar la normal (eye space)
  - Calcular la il·luminació del vèrtex
  - Generar o passar les coords de textura pel vèrtex

Fragment shaders

extreta de *OpenGL Shading Language*, R. J. Rost *et. al.*



FS (compatibility profile)



Todos los uniforms son tanto para el VS como para el FS

FS (3.3 core profile)

Inputs

```
vec4 gl_FragCoord;  // window space
bool gl_FrontFacing; // el fragment l'ha generat una primitiva frontface?
 vec4 frontColor;
...
```

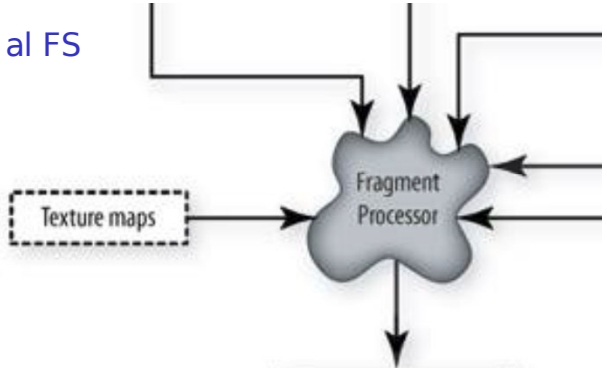
coord. de fragmento (Pixeles)

Estas variables vec4 vienen predifinidas

si la primativa pintada es
frontface o no->
es un valor booleano

y todo lo que venga como ssalida del VS.

LA VARIABLES LLEGAN interpoladas al FS porque la rasterizacion las interpola.



Uniforms (user-defined, read-only)

```
mat4 modelViewMatrix;
mat3 normalMatrix;
vec4 lightAmbient;
...
```

Outputs

```
float gl_FragDepth; // z en window space
vec4 fragColor;
```

(profundidad)

Salida de FS: fragColor(la tenemos que declarar), es el color de fragmento
gl_Fragdepth(variable predefinida)

FS

- El FS s'executa per cada fragment que produeix una primitiva.
- Les tasques habituals d'un FS són:
  - Calcular la il·luminació
  - Usar textures per a afegir detall.
- I el que no pot fer un fragment shader:
  - Canviar les coordenades del fragment (sí pot canviar gl_FragDepth)
  - Accedir a informació d'altres fragments (tret de dFdx, dFdy)

Las coordenadas del fragmento son las coord. del pixel (coord. es fisico, no la podemos cambiar)

aunque existen dos funcions que nos permiten tener una ligera informacion de los vecinos no nos dicen el color del fragmento del vecino pero puedo utilizar los diferenciales de los fragmentos

Llenguatge GLSL

Elements del llenguatge

Tipus bàsics

Escalars

`int, float, bool`

Vectorials

`vec2, vec3, vec4, mat2, mat3, mat4, ivec3, bvec4,...`

Constructors

Hi ha *arrays*: `mat2 mats[3];`
i també *structs*:

```
1    struct light{
2      vec3 color;
3      vec3 pos;
4    };
```

que defineixen implícitament constructors: `light l1(col,p);`

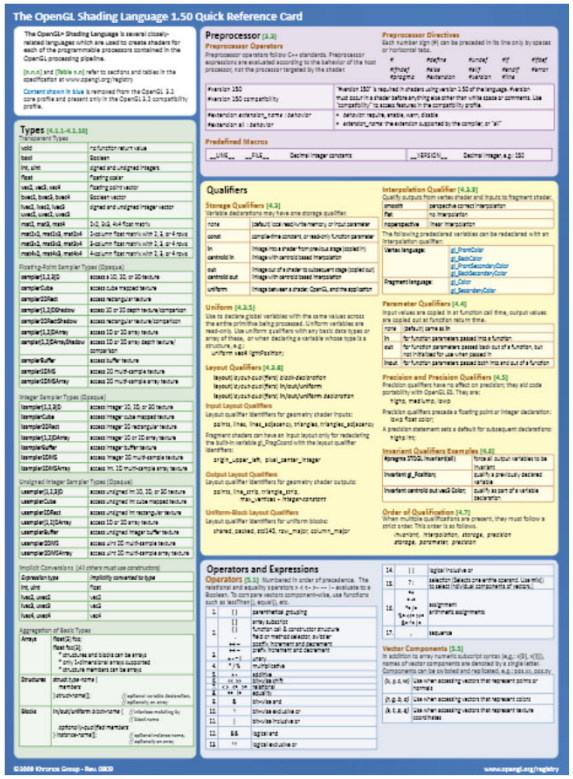
Elements del llenguatge

Funcions

N'hi ha moltes, especialment en les àrees que poden interessar quan tractem geometria o volem dibuixar. Per exemple, `radians()`, `degrees()`, `sin()`, `cos()`, `tan()`, `asin()`, `acos()`, `atan()` (amb un o amb dos paràmetres), `pow()`, `log()`, `exp()`, `abs()`, `sign()`, `floor()`, `min()`, `max()`, `length()`, `distance()`, `dot()`, `cross()`, `normalize()`, `noise1()`, `noise2()`, ...

OpenGLQuick Reference card

https://www.khronos.org/files/opengl-quick-reference-card.pdf



Exemple: Phong Shading

calculo de iluminacion en el VS

VS (1/3)

```
#version 330 core
layout(location= 0) in vec3 vertex;
layout(location= 1) in vec3 normal;
layout(location= 2) in vec3 color;
layout(location= 3) in vec2 texCoord;
out vec4 frontColor;
```
variable de salida el color que pasaremos al FS

```
uniform mat4 modelViewProjectionMatrix, modelViewMatrix;
uniform mat3 normalMatrix;
```
para pasar la normal a coord. de observador
```
uniform vec4 matAmbient, matDiffuse, matSpecular;
uniform float matShininess;
uniform vec4 lightAmbient, lightDiffuse, lightSpecular
uniform vec4 lightPosition;
```
ya nos llega la lightPosition en coordenadas del observador.

necesitamos la modelViewMatrix para pasar el vertex a coord, de observador

openGL, se puede definir el focos de luz con tres componentes: ambiente, diffuse, especular

VS (2/3)

funcion light para calcular el color

La funcion light aplica la formula de la iluminacion phong

```
vec4 light(vec3 N, vec3 V, vec3 L)
{
  vec3 R = normalize( 2.0*dot(N, L)*N - L );
  float NdotL= max( 0.0, dot(N, L) );
  float RdotV= max( 0.0, dot(R, V) );
  float Idiff= NdotL;
  float Ispec= 0;
  if (NdotL>0) Ispec=pow(RdotV, matShininess);
  return matAmbient  * lightAmbient  +
         matDiffuse  * lightDiffuse  * Idiff +
         matSpecular * lightSpecular * Ispec;
}
```

Només si N·L>0 Només si N·L>0

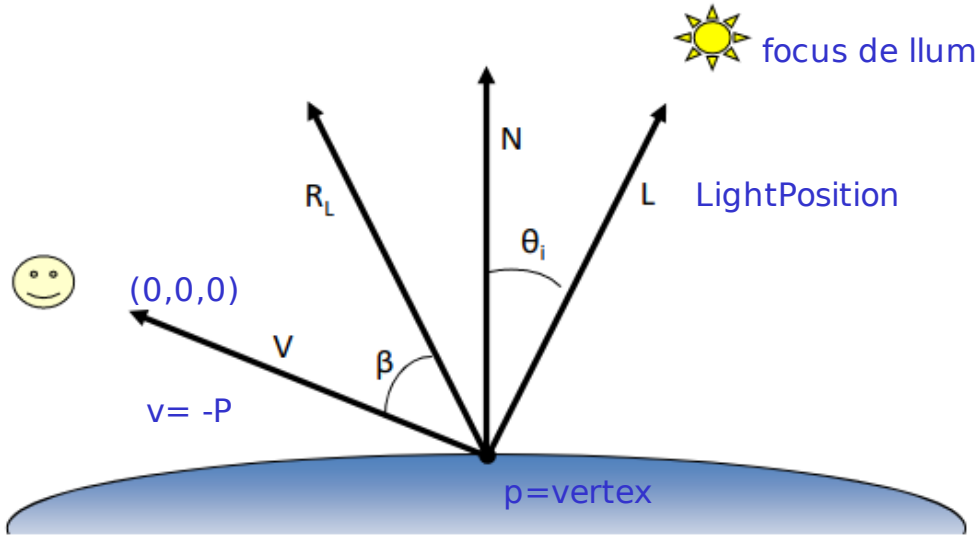
Ndotl es el producto vectorial de N*L

El coseno que hace el angulo de entre N*L

COSENO ELEVADO A n

la N es la normal en coord. de observador y además normalizada

V es el vector que va desde el vertex hasta la posición el observador.



VS (3/3)

```
void main()
{
  vec3 P = (modelViewMatrix * vec4(vertex, 1.0)).xyz;
  vec3 N = normalize(normalMatrix* normal);
  vec3 V = normalize(-P);
  vec3 L = normalize(lightPosition.xyz - P);
  frontColor= light(N, V, L);
  gl_Position= modelViewProjectionMatrix * vec4(vertex, 1.);
}
```

el punto en coord. de observador.

la variable frontColor, va cap al FS

LA gl_Position ha de tener las coordenadas de clipping

FS

```
#version 330 core
in vec4 frontColor;
out vec4 fragColor;

void main()
{
   fragColor= frontColor;
}
```

hemos calculado la iluminacion por vertex y este color viene en la entrada de frontColor