

Sessió Setmana 2

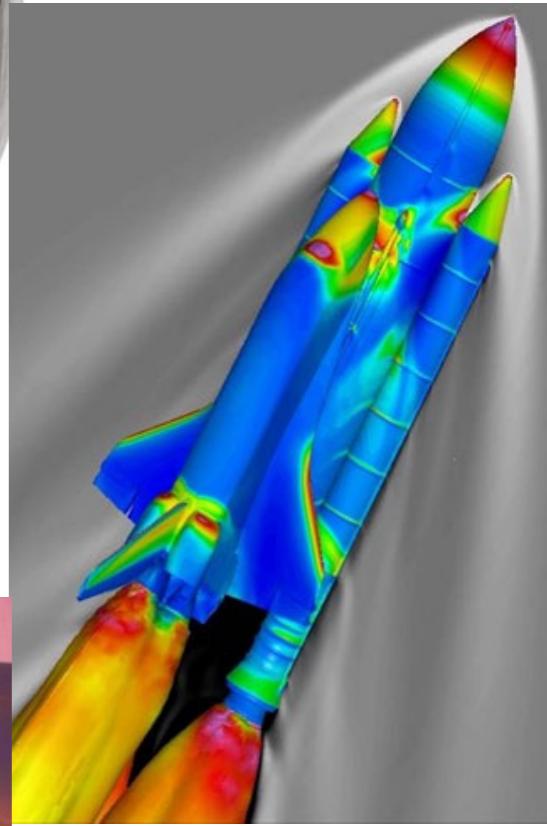
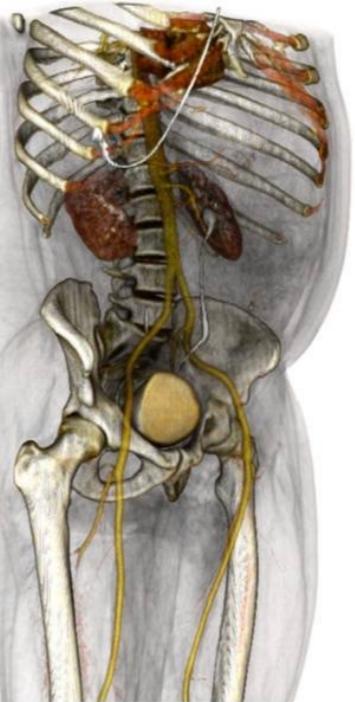
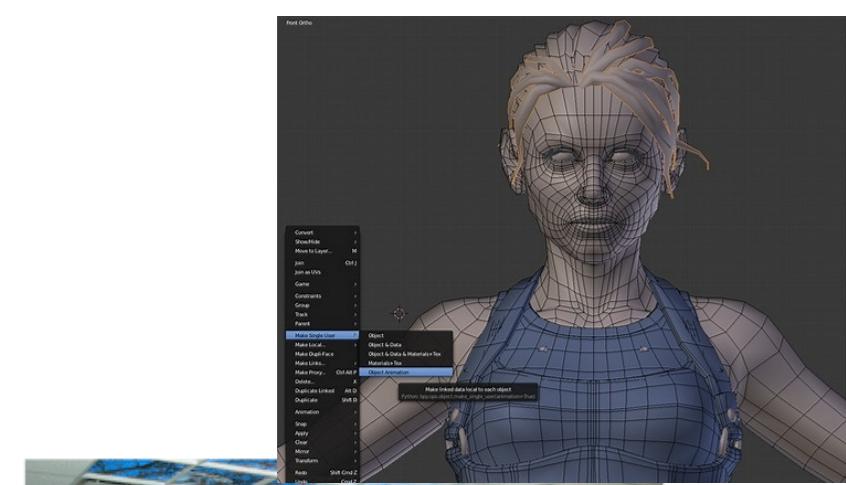
GiVD 2022-23

Guió de la sessió

1. Planificació de la setmana 2
 2. Resum del Tema 1
 3. Activitats
 4. Breus pinzellades de TGs i raonament del Fase 6
 5. Introducció a Raytracing
-



2. Resum Tema 1



0265640 182304 137372 032051 037334 024721 015013 052226 001562
0265660 025537 064663 054606 043244 074076 124153 135216 126514
0265700 144210 056426 044700 042650 165230 137037 003655 006254
0265720 134453 124327 176005 027034 107514 170774 073702 067274
0265740 072451 007735 147620 061064 157435 113057 155356 114603
0265760 107204 102316 171451 046040 120223 001774 030477 046673
0265800 171317 116055 155117 134444 167210 041405 147127 050505
0265820 004137 046472 124015 134360 173550 053517 044635 021135
0265840 070176 047705 113754 175477 105582 076515 177366 056333
0265860 041023 074017 127113 03214 037026 037640 066171 123424
0265880 067701 037406 140000 165341 072410 100032 125455 056646
0265910 067716 071402 055672 182571 105645 170073 050376 072117
0265914 024451 007424 114200 077733 024434 012546 172404 102345
0265916 040223 050170 055164 164634 047151 126525 112514 032315
0265920 176041 176055 042766 025015 176314 017234 110060 014515
0265922 117156 030746 154234 125001 151144 163706 136237 164376
0265924 187055 062276 161755 115466 005322 132567 073216 002655
0265926 171466 126161 117155 065763 016177 014460 112765 055527
0265930 003767 175367 104754 036436 172172 150750 043643 145410
0265932 072074 000007 040627 070652 173011 002151 125132 140214
0265934 060115 014356 015164 067027 120201 070242 033065 131334
0265936 170601 170106 040437 127277 124446 136631 041462 116321
0265940 020243 005602 004146 121574 124651 006634 071331 102070
0265942 157504 160307 165330 024521 024520 114433 167273 030635
0265944 183614 106173 144160 010652 007365 026416 160716 100418
0265946 026630 007210 000630 121224 076038 140764 000737 003276
0265950 114060 042647 104475 110537 067171 104754 075447 112254
0265952 030374 144251 077734 015157 002513 173526 035531 150003
0265954 146207 015138 024446 180101 072457 040764 165513 156412
0265956 166410 067251 156160 106406 138770 030516 064740 022032
0265960 142166 123707 175121 071170 076357 037233 031136 015232
0265962 075074 016744 044055 102290 110063 033350 052765 172463

Procés de visualització



Dades del món real
Simulacions
Món virtuals i logs

Objectes
Virtuals

elements geomètrics
(objectes)
propietats òptiques
(materials i textures)

Visualització

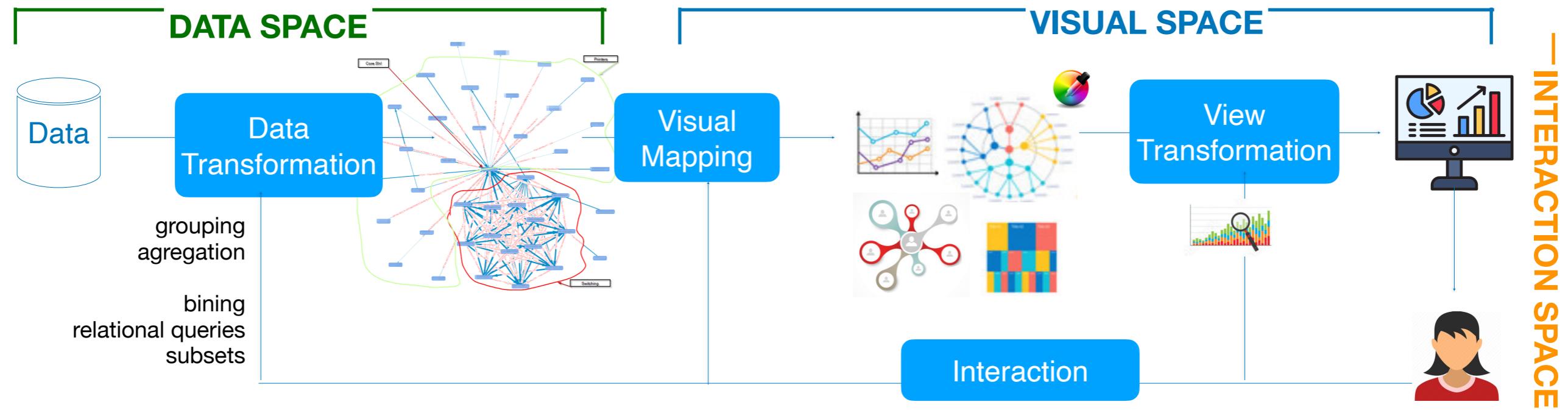
Adquisició
de dades

Visual
mapping

```
data, 2.1621234, 41.4056165, 6100
data, 2.1677698, 41.4034215, 2900
data, 2.135380995, 41.389714424, 37596
data, 2.1564047, 41.4062419, 3650
data, 2.185382, 41.3855443, 9483
data, 2.178407934, 41.381142750, 37920
data, 2.16018, 41.40352, 4214
data, 2.175268003, 41.379703771, 45787
data, 2.164072884, 41.379806535, 13224
data, 2.1550105, 41.3984803, 5172
data, 2.149045108, 41.394592939, 150000
```



Data Visualization



Data Transformation:

- 7-categories of the data: dimensionality (1, 2, 3, n), temporal, hierarchical, network
- Types of attributes: numerical, ordinal, categorical

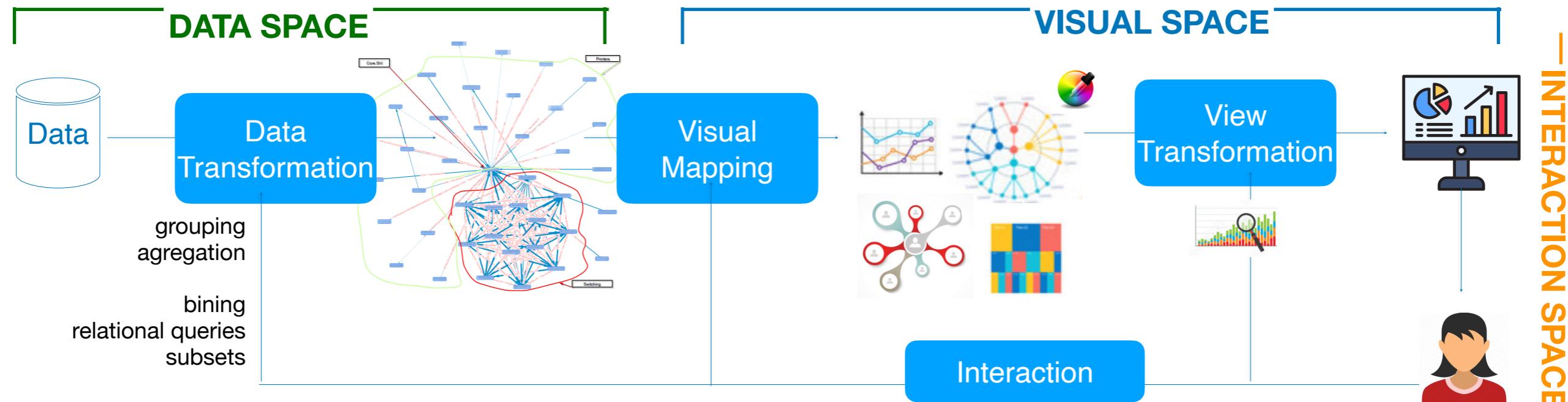
• Visual mapping:

- spatial substrate -> layouts/ graphs
- graphical elements -> points, glyphs, icons, symbols, etc
- graphical properties -> colors, size...

• View Transformation:

- location probes
- viewpoint controls (scale, translate views)
- distortions (to transform the view) + **projections**, for instance

Data Visualization



Capacity by Energy Source

When looking at capacity by source type, a few things jump out. First, notice the sheer number of energy sources used across the United States. More interestingly, notice the geographic stratification of energy sources...

Power Stations	
■	#N/A
■	Agriculture Crop
■	Anthracite Coal, Bituminous Coal
■	Black Liquor
■	Blast Furnace Gas
■	Distillate Fuel Oil
■	Geothermal
■	Jet Fuel
■	Landfill Gas
■	Lignite Coal
■	Municipal Solid Waste
■	Natural Gas
■	Nuclear (Uranium, Plutonium, Thorium)
■	Oil-Other
■	Other Biomass Liquid
■	Other Biomass Solid
■	Other Gas
■	Petroleum Coke
■	Purchased Steam
■	Residual Fuel Oil
■	Sludge Waste
■	Solar (Photovoltaic, Thermal)
■	Subbituminous Coal
■	Tires
■	Waste/Other Coal
■	Water (Conventional, Pumped Storage)
■	Wind
■	Wood Waste Liquids
■	Wood/Wood Waste Solids



3. Activitats

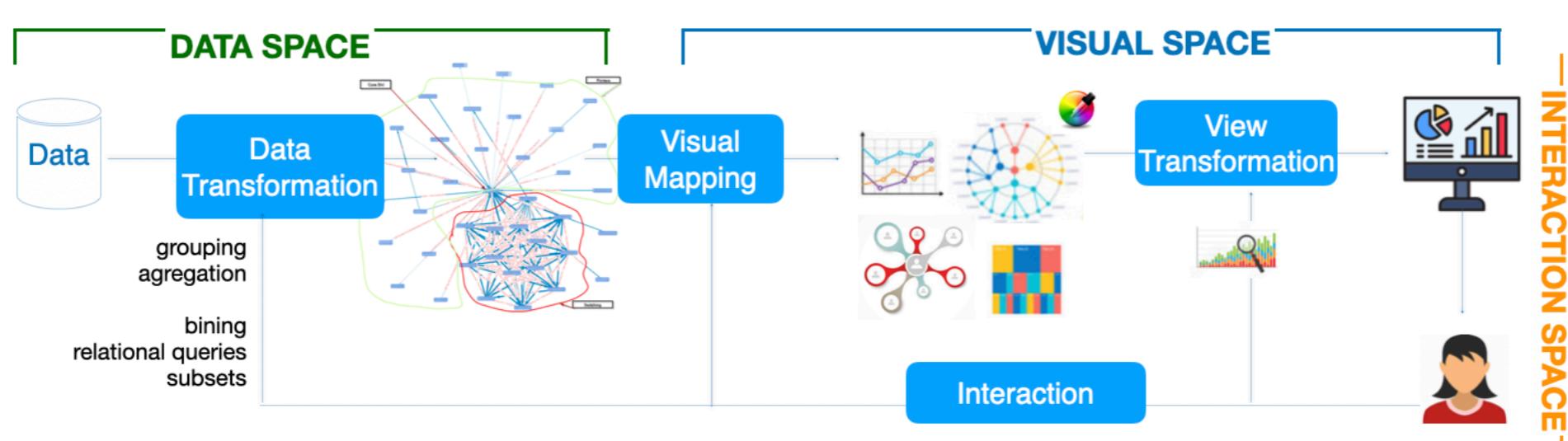


Quin és l'objectiu de la fase de *visual mapping* en la visualització de dades?

- a. Aplicar transformacions visuals a la representació visual.
- b. Preparar les dades per a la transformació visual.
- c. Transformar les dades per netejar-les i treure'n estadístiques.
- d. Seleccionar ✓

la millor
representació
visual per a
les dades.

L' objectiu de la fase de *visual mapping* és seleccionar la millor representació visual per a les dades. Aquesta fase implica avaluar les característiques de les dades i triar un tipus de gràfic o visualització que millor transmeti la informació continguda en les dades.



3. Activitats



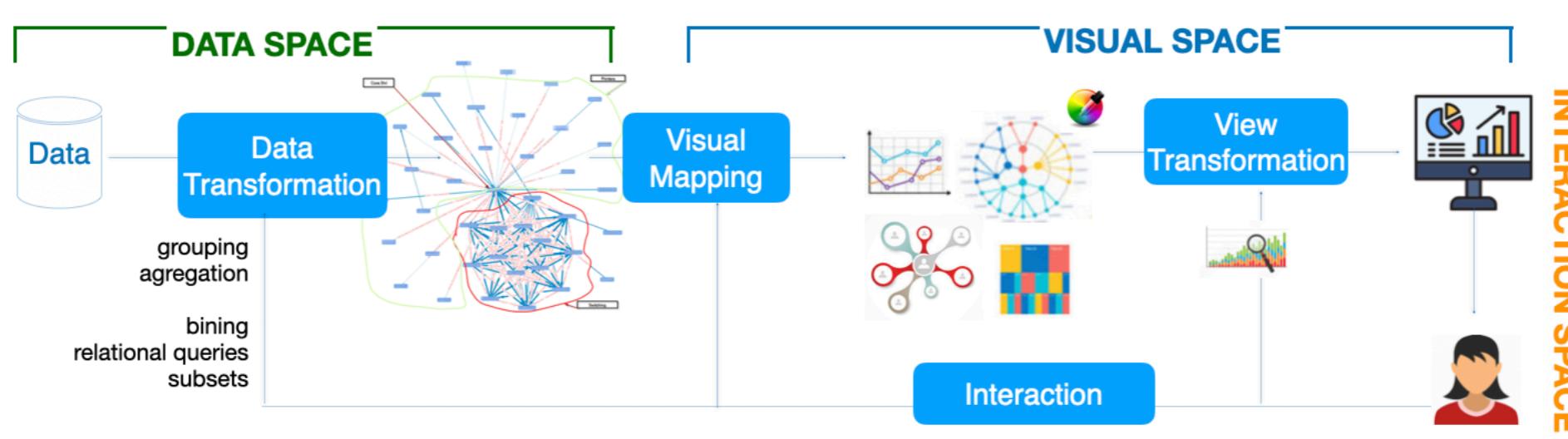
Quina és la funció de la fase de *data transformation* en la visualització de dades?

- a. Aplicar transformacions visuals a la representació visual.
- b. Transformar les dades en una representació visual.

- c. Preparar les dades per al seu ús en la visualització. 

a fase de data transformation té com a objectiu preparar les dades per al seu ús en la visualització. Aquesta fase implica processar i transformar les dades perquè puguin ser usades en una visualització, com la neteja de dades, l'agregació de dades i la normalització de les dades.

- d. Avaluar la qualitat de les dades per al seu ús en la visualització.

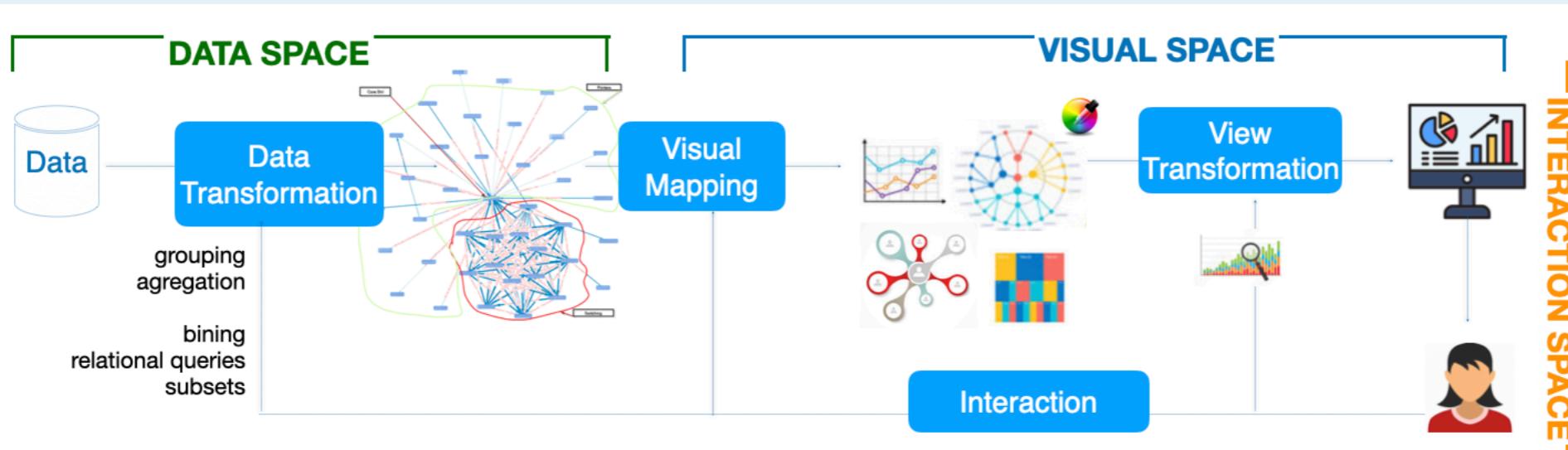


3. Activitats



Què és la *view transformation* en la visualització de dades?

- a. Un procés per transformar les dades en una representació visual.
- b. Un procés per aplicar canvis a la representació visual de les dades. ✓
La *view transformation* és un procés per aplicar canvis a la representació visual de les dades. Aquestes transformacions inclouen accions com l'escalat, la rotació i la deformació de la representació visual per millorar la seva claredat i facilitat de lectura.
- c. Un procés per avaluar la qualitat de les dades per al seu ús en la visualització.
- d. Un procés per preparar les dades per al seu ús en la visualització.



Procés de visualització



Dades del món real
Simulacions
Món virtuals i logs

Objectes
Virtuals

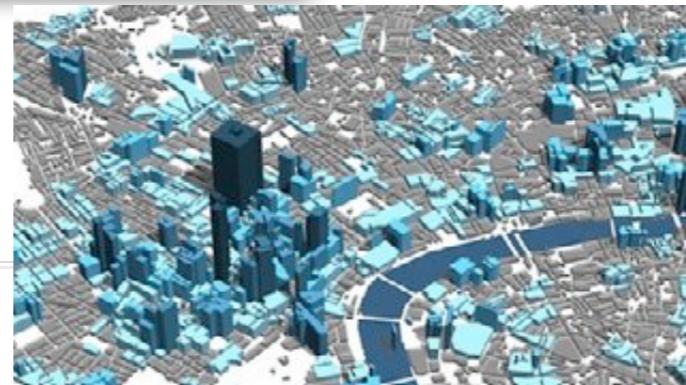
elements geomètrics
(objectes)
propietats òptiques
(materials i textures)

Visualització

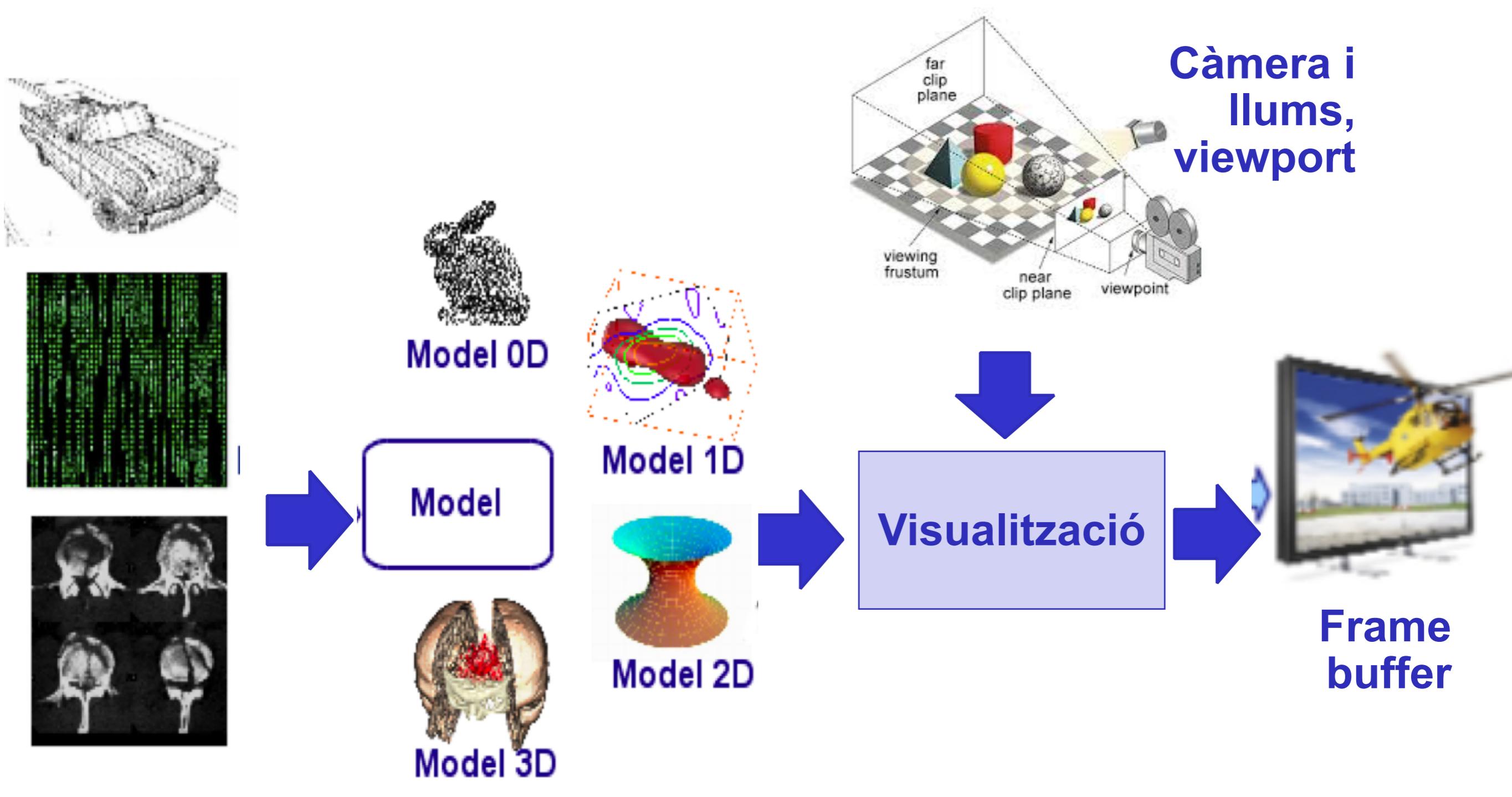
Adquisició
de dades

Visual
mapping

```
data, 2.1621234, 41.4056165, 6100
data, 2.1677698, 41.4034215, 2900
data, 2.135380995, 41.389714424, 37596
data, 2.1564047, 41.4062419, 3650
data, 2.185382, 41.3855443, 9483
data, 2.178407934, 41.381142750, 37920
data, 2.16018, 41.40352, 4214
data, 2.175268003, 41.379703771, 45787
data, 2.164072884, 41.379806535, 13224
data, 2.1550105, 41.3984803, 5172
data, 2.149045108, 41.394592939, 150000
```

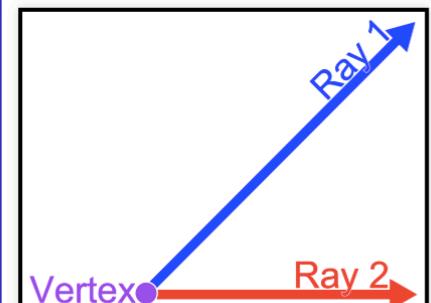


Procés de visualització



Procés de visualització

Vertex

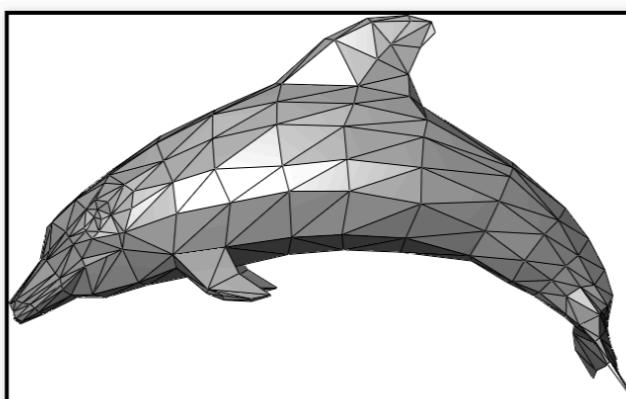
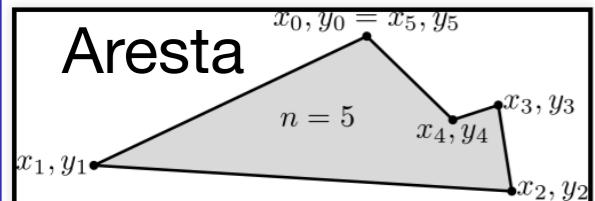


Polygon

Topologia

Mesh

Aresta



Modelatge

Buffer

Vertex-Vertex Meshes (VV)			
Vertex List			
v0	0,0,0	v1 v5 v4 v3 v9	
v1	1,0,0	v2 v6 v5 v0 v9	
v2	1,1,0	v3 v7 v6 v1 v9	
v3	0,1,0	v2 v6 v7 v4 v9	
v4	0,0,1	v5 v0 v3 v7 v8	
v5	1,0,1	v6 v1 v0 v4 v8	
v6	1,1,1	v7 v2 v1 v5 v8	
v7	0,1,1	v4 v3 v2 v6 v8	
v8	.5,.5,1	v4 v5 v6 v7	
v9	.5,.5,0	v0 v1 v2 v3	

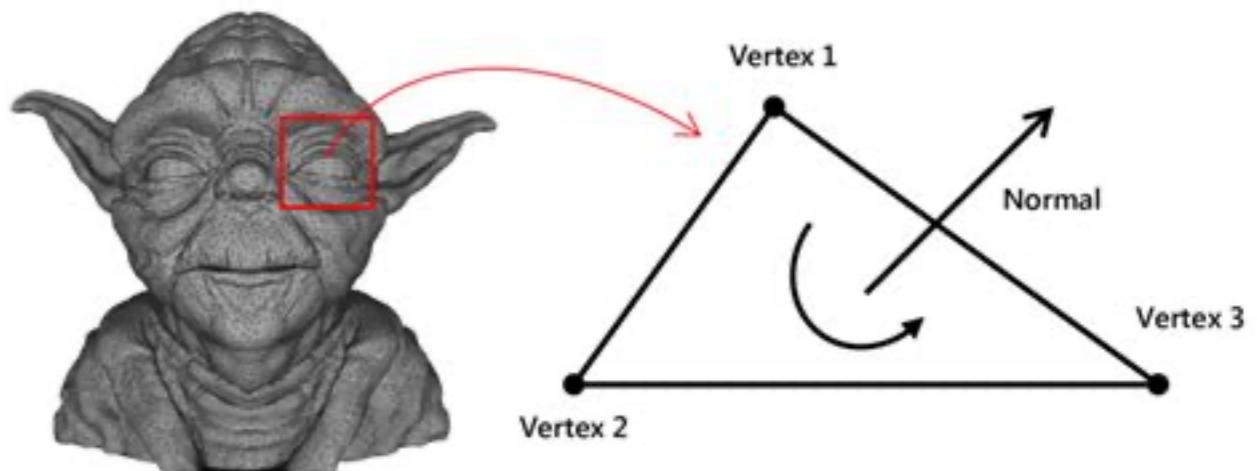
A 3D wireframe diagram of a cube. The vertices are labeled with identifiers: v0 at the bottom front, v1 at the bottom back, v2 at the top back, v3 at the top front, v4 at the bottom left, v5 at the bottom right, v6 at the top right, v7 at the top left, v8 at the back left, v9 at the back right. Dashed lines represent hidden edges of the cube.

3. Activitats

Què és una malla de triangles en la visualització 3D?

- a. Una tècnica d' animació en 2D.
- b. Una forma d' emmagatzemar la informació d'una imatge en la memòria.
- c. Una representació d' un objecte 3D formada per triangles connectats. ✓
- d. Una representació d' una imatge en 2D.

Una malla de triangles és una representació d' un objecte 3D formada per triangles connectats. Aquesta tècnica s' utilitza per crear models 3D en la computadora i representar objectes en una escena 3D.

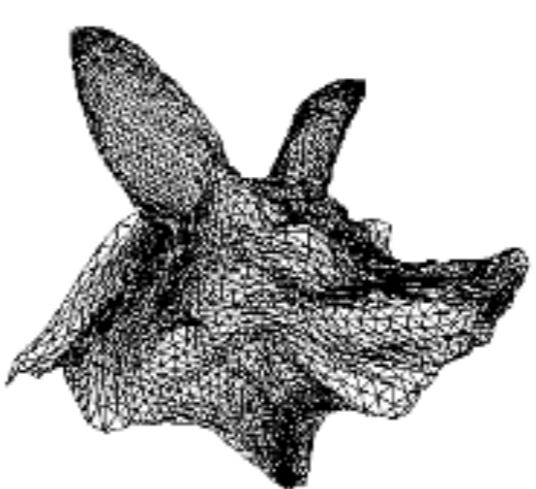
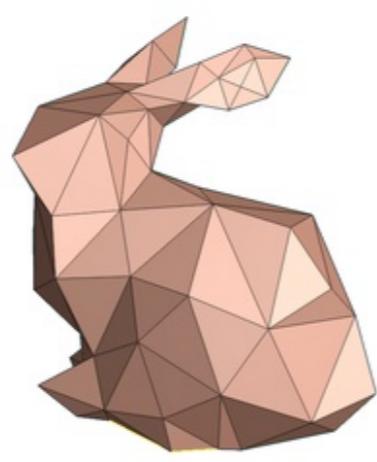
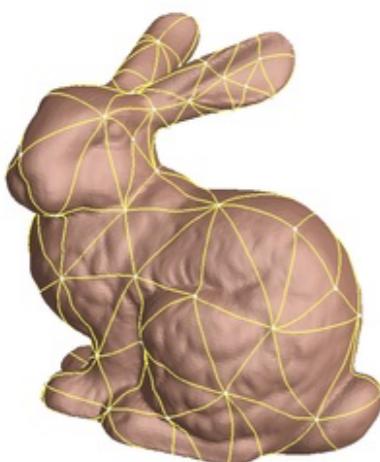


3. Activitats

Com es pot millorar la qualitat d'imatge en una escena 3D?

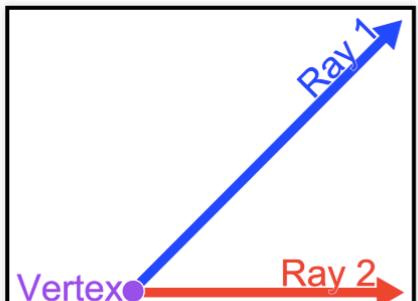
- a. Afegint més llums a l' escena.
- b. Augmentant el nombre de frames per segon.
- c. Reduint la mida de la malla de l' escena.
- d. Augmentant el nombre de triangles a la malla de l' escena. ✓

La resposta correcta és: Augmentant el nombre de triangles a la malla de l' escena.



Procés de visualització

Vertex

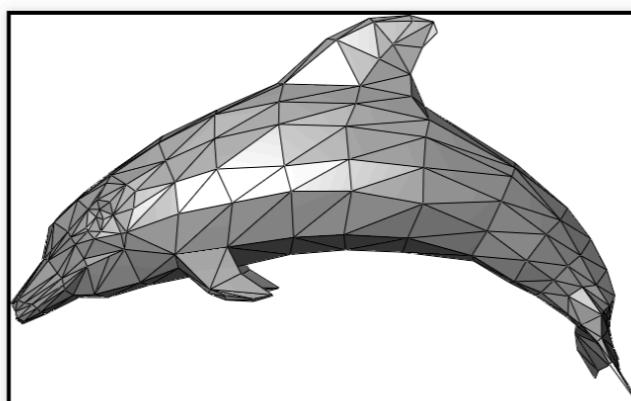
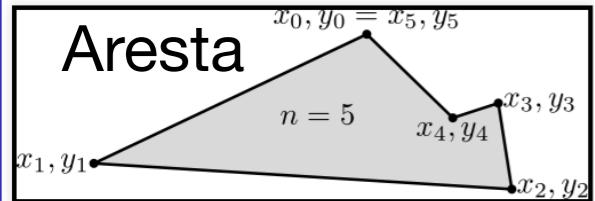


Polygon

Topologia

Mesh

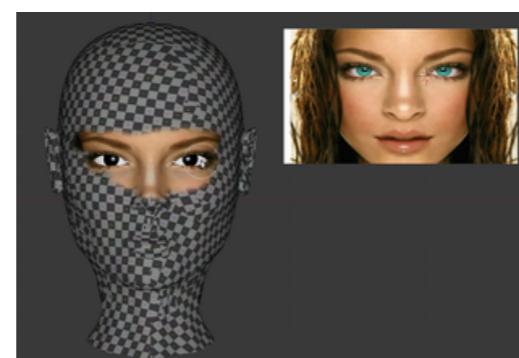
Aresta



Material



Textures



Modelatge

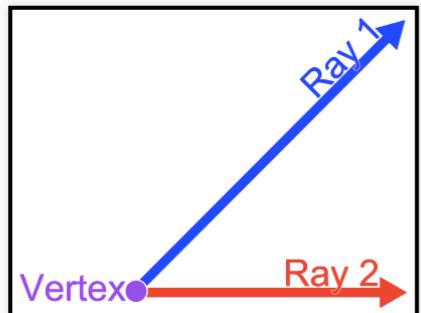
Buffer

Vertex-Vertex Meshes (VV)			
Vertex List			
v0	0,0,0	v1 v5 v4 v3 v9	
v1	1,0,0	v2 v6 v5 v0 v9	
v2	1,1,0	v3 v7 v6 v1 v9	
v3	0,1,0	v2 v6 v7 v4 v9	
v4	0,0,1	v5 v0 v3 v7 v8	
v5	1,0,1	v6 v1 v0 v4 v8	
v6	1,1,1	v7 v2 v1 v5 v8	
v7	0,1,1	v4 v3 v2 v6 v8	
v8	.5,.5,1	v4 v5 v6 v7	
v9	.5,.5,0	v0 v1 v2 v3	

A 3D wireframe diagram of a cube with vertices labeled v0 through v9 at its corners. The vertices are numbered as follows: v0 (bottom-front-left), v1 (bottom-back-left), v2 (top-back-left), v3 (top-front-left), v4 (bottom-front-right), v5 (bottom-back-right), v6 (top-back-right), v7 (top-front-right), v8 (top-back-left), v9 (bottom-back-right).

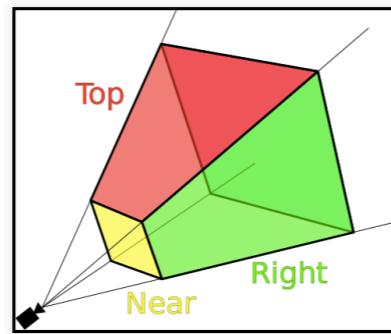
Procés de visualització

Vertex



Polygon

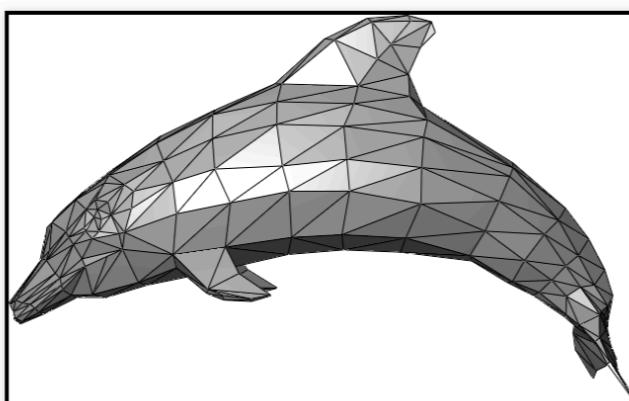
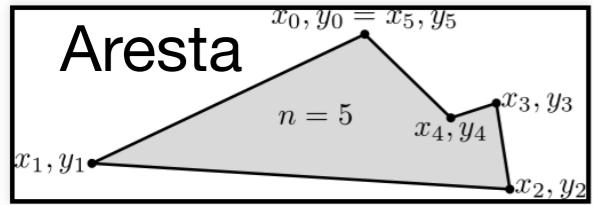
Viewing Frustum



Topologia

Mesh

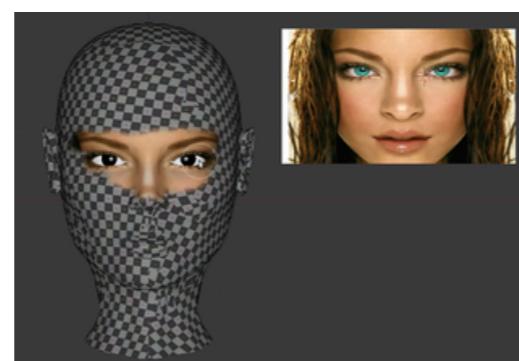
Aresta



Material



Textures



Modelatge

Buffer

Vertex-Vertex Meshes (VV)	
Vertex List	
v0	0,0,0 v1 v5 v4 v3 v9
v1	1,0,0 v2 v6 v5 v0 v9
v2	1,1,0 v3 v7 v6 v1 v9
v3	0,1,0 v2 v6 v7 v4 v9
v4	0,0,1 v5 v0 v3 v7 v8
v5	1,0,1 v6 v1 v0 v4 v8
v6	1,1,1 v7 v2 v1 v5 v8
v7	0,1,1 v4 v3 v2 v6 v8
v8	.5,.5,1 v4 v5 v6 v7
v9	.5,.5,0 v0 v1 v2 v3

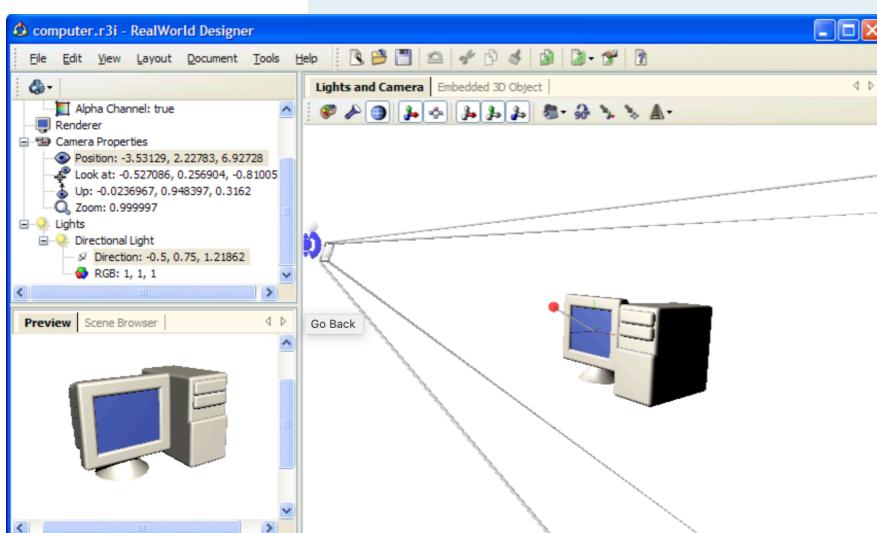
A diagram of a cube with vertices labeled v0 through v9, illustrating the vertex-vertex mesh structure. The vertices are arranged in a standard cube configuration.

3. Activitats

Què és una càmera en la visualització 3D?

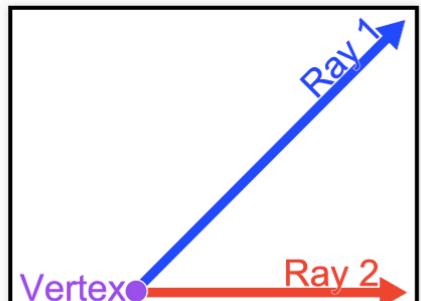
- a. Un dispositiu d' entrada per a l'aplicació.
- b. Una tècnica de dibuix en 2D.
- c. Un  punt de vista en una escena 3D.
- d. Un algoritme de compressió d' imatges.

Una càmera és un punt de vista en una escena 3D que defineix com es veu una escena des d'una perspectiva determinada. La càmera pot ser moguda i configurada per crear diferents perspectives d' una escena 3D.



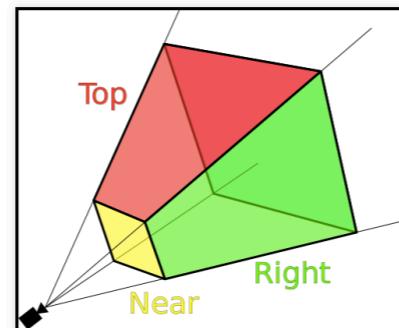
Procés de visualització

Vertex



Polygon

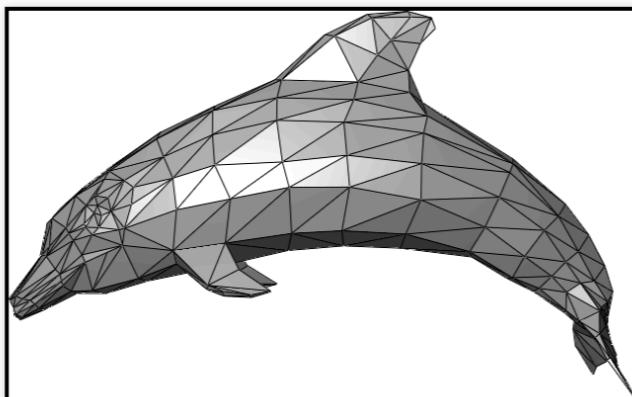
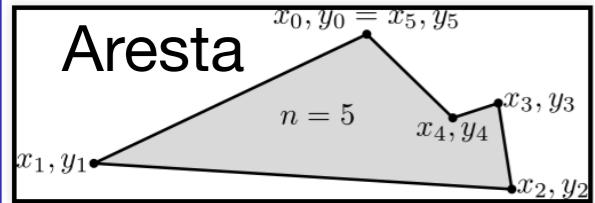
Viewing Frustum



Topologia

Mesh

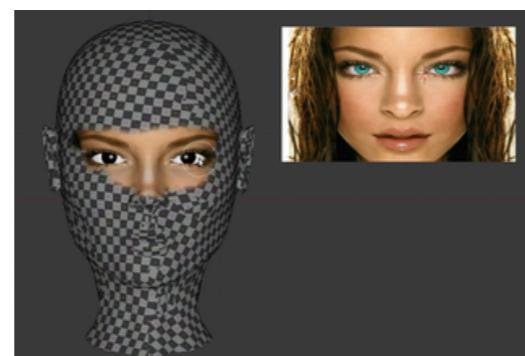
Aresta



Material



Textures

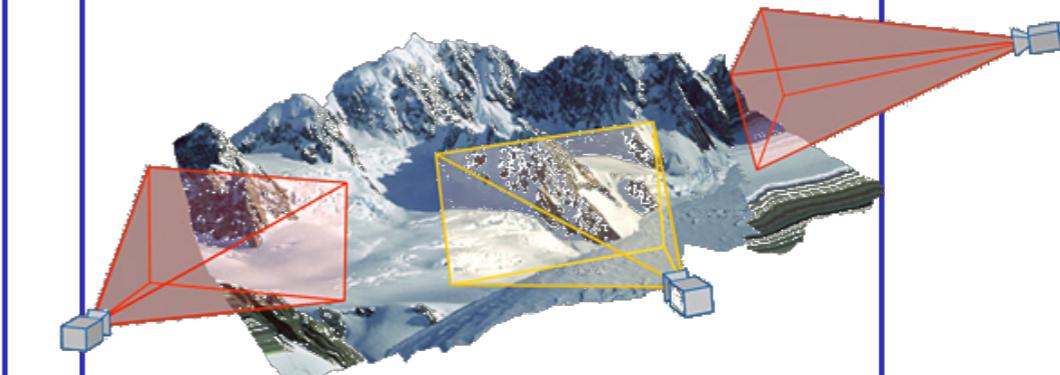


Modelatge

Buffer

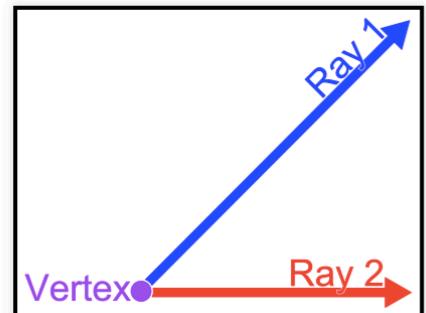
Vertex-Vertex Meshes (VV)			
Vertex List			
v0	0,0,0	v1 v5 v4 v3 v9	
v1	1,0,0	v2 v6 v5 v0 v9	
v2	1,1,0	v3 v7 v6 v1 v9	
v3	0,1,0	v2 v6 v7 v4 v9	
v4	0,0,1	v5 v0 v3 v7 v8	
v5	1,0,1	v6 v1 v0 v4 v8	
v6	1,1,1	v7 v2 v1 v5 v8	
v7	0,1,1	v4 v3 v2 v6 v8	
v8	.5,.5,1	v4 v5 v6 v7	
v9	.5,.5,0	v0 v1 v2 v3	

Transf. Geomètriques



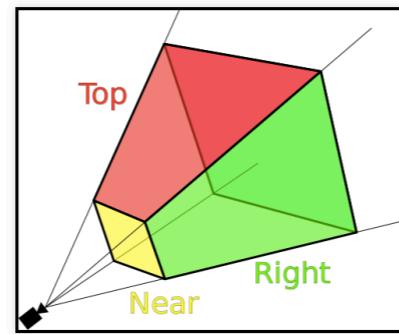
Procés de visualització

Vertex



Polygon

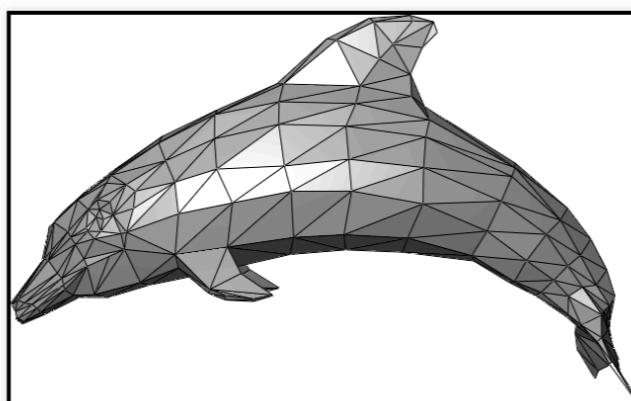
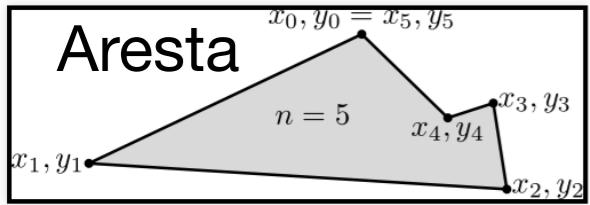
Viewing Frustum



Topologia

Mesh

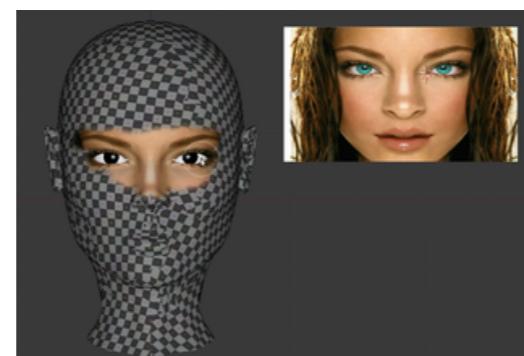
Aresta



Material

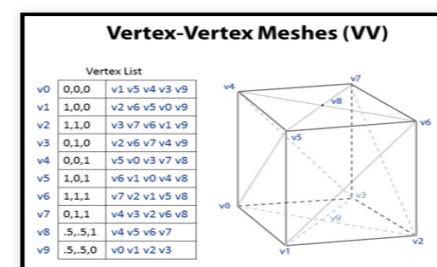


Textures

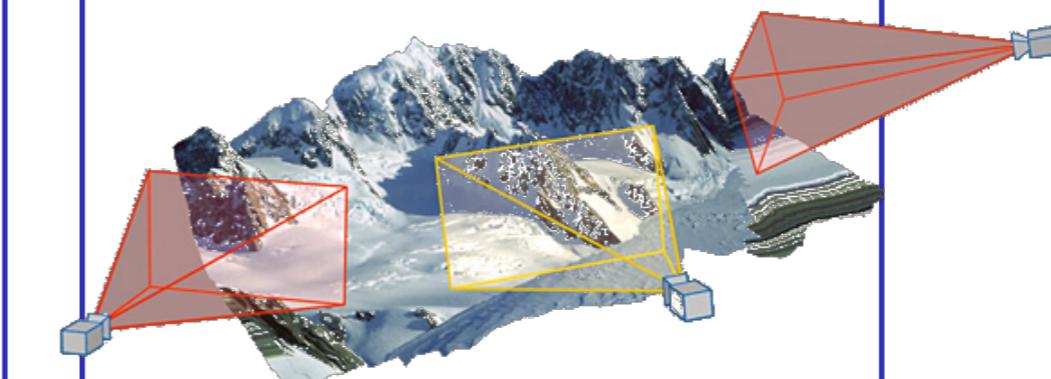


Modelatge

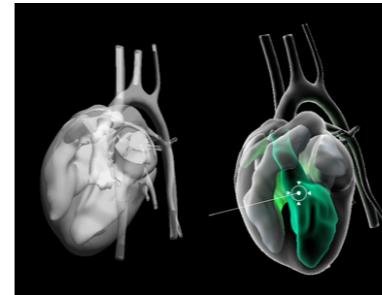
Buffer



Transf. Geomètriques

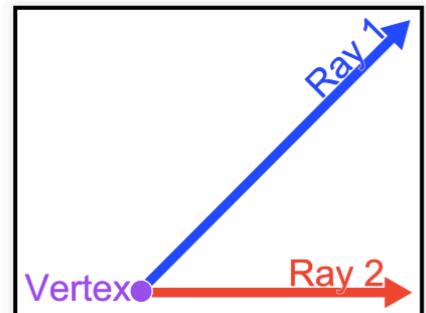


Il·luminació/shading



Procés de visualització

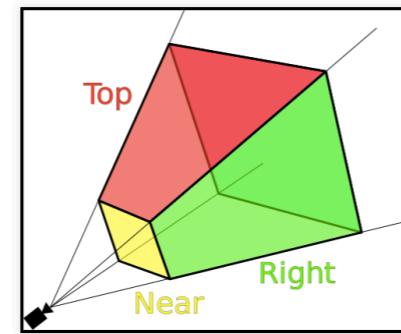
Vertex



Polygon

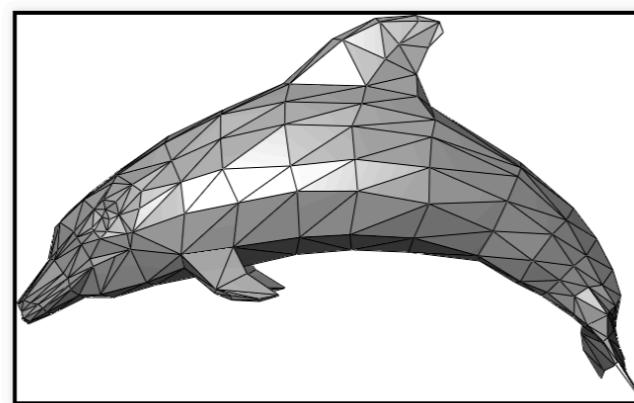
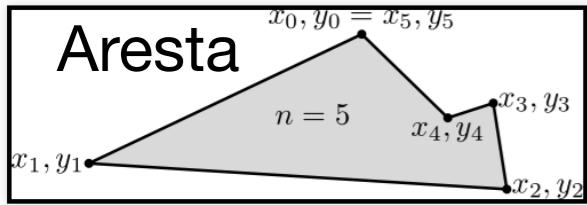
Topologia

Viewing Frustum

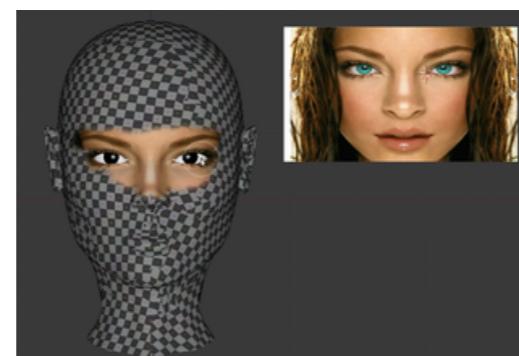


Mesh

Aresta



Material

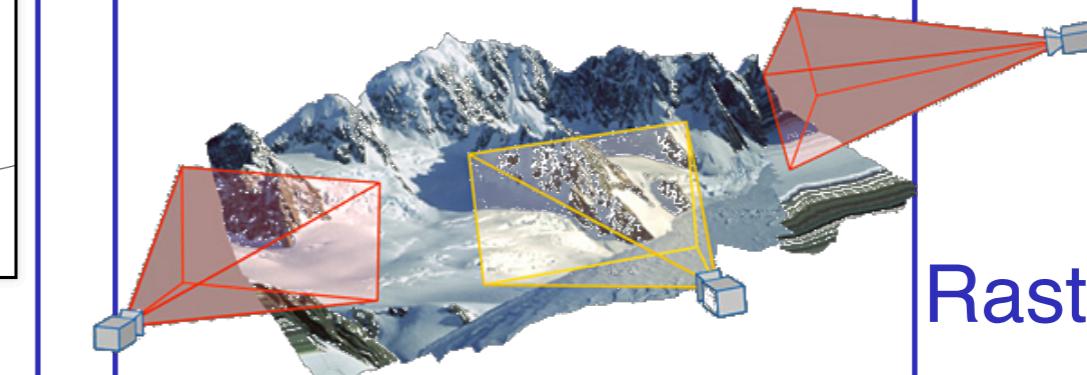


Modelatge

Buffer

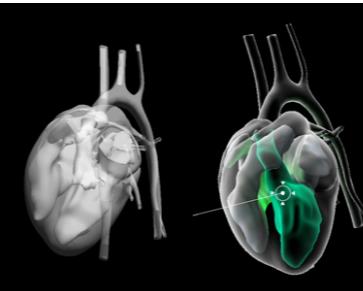
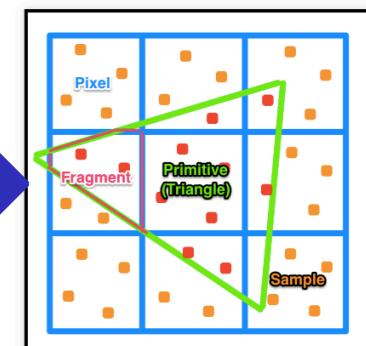
Vertex-Vertex Meshes (VV)									
Vertex List									
v0	0,0,0	v1	v5	v4	v3	v9			
v1	1,0,0	v2	v6	v5	v0	v9			
v2	1,1,0	v3	v7	v6	v1	v9			
v3	0,1,0	v2	v6	v7	v4	v9			
v4	0,0,1	v5	v0	v3	v7	v8			
v5	1,0,1	v6	v1	v0	v4	v8			
v6	1,1,1	v7	v2	v1	v5	v8			
v7	0,1,1	v4	v3	v2	v6	v8			
v8	.5,.5,1	v4	v5	v6	v7				
v9	.5,.5,0	v0	v1	v2	v3				

Transf. Geomètriques

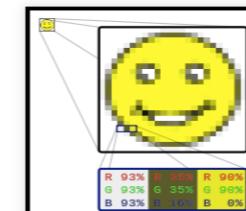


Rasterització

Il·luminació/shading

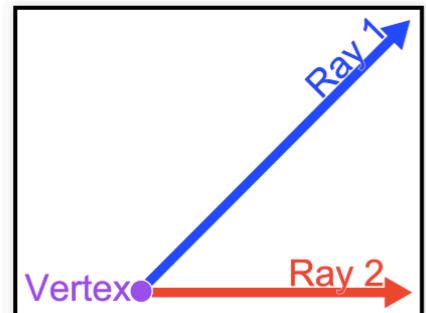


Bitmap



Procés de visualització

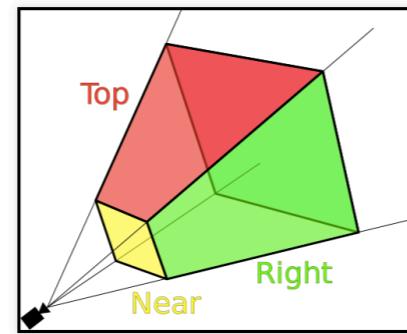
Vertex



Polygon

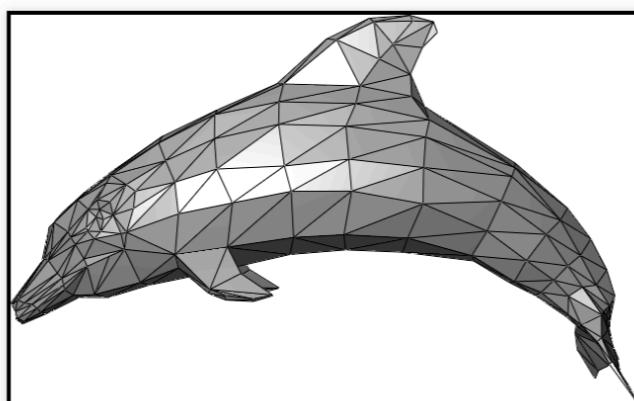
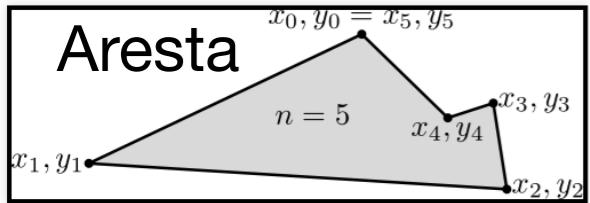
Topologia

Viewing Frustum



Mesh

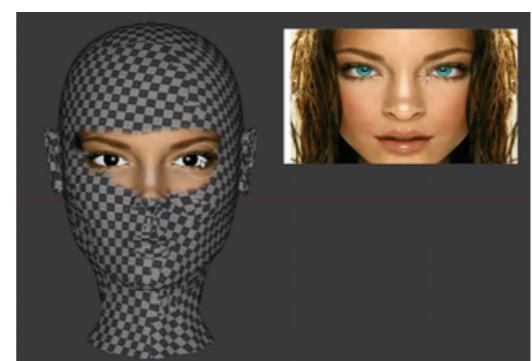
Aresta



Material



Textures

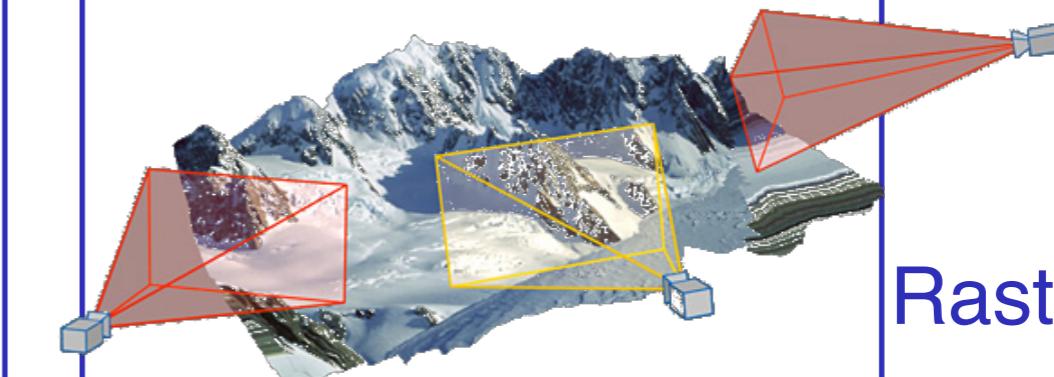


Modelatge

Buffer

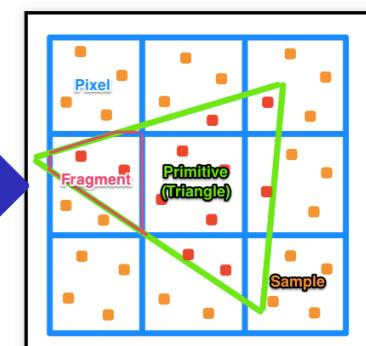
Vertex-Vertex Meshes (VV)									
Vertex List									
v0	0,0,0	v1	v5	v4	v3	v9			
v1	1,0,0	v2	v6	v5	v0	v9			
v2	1,1,0	v3	v7	v6	v1	v9			
v3	0,1,0	v2	v6	v7	v4	v9			
v4	0,0,1	v5	v0	v3	v7	v8			
v5	1,0,1	v6	v1	v0	v4	v8			
v6	1,1,1	v7	v2	v1	v5	v8			
v7	0,1,1	v4	v3	v2	v6	v8			
v8	.5,.5,1	v4	v5	v6	v7				
v9	.5,.5,0	v0	v1	v2	v3				

Transf. Geomètriques



Rasterització

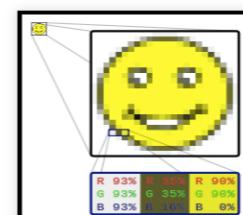
Il·luminació/shading



Frame Buffer



Bitmap



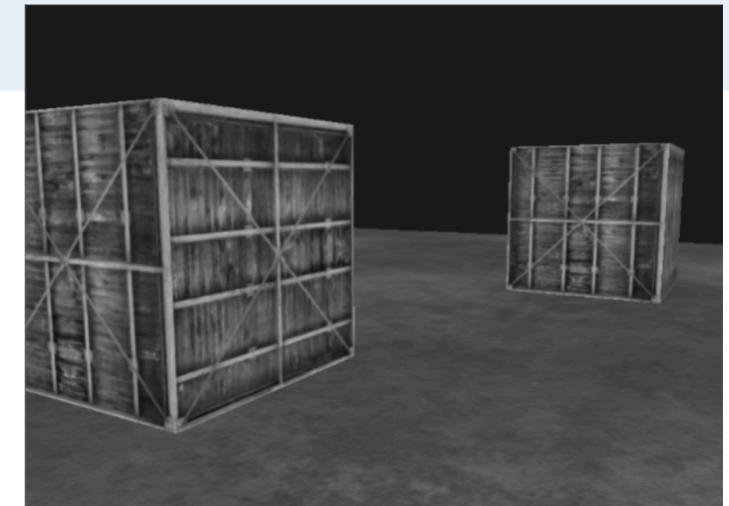
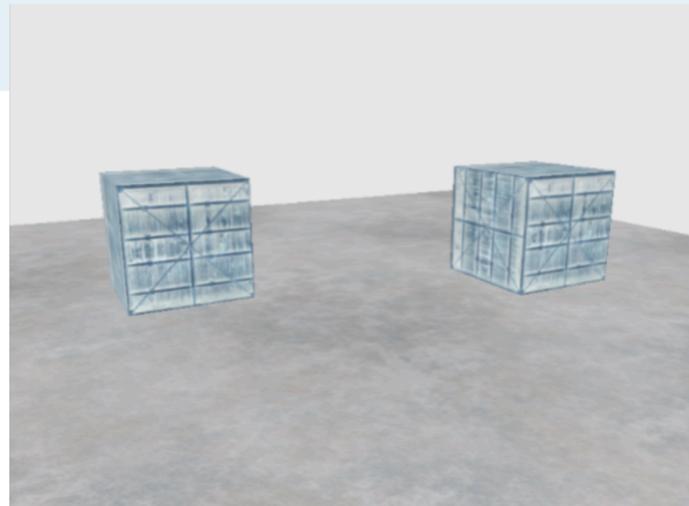
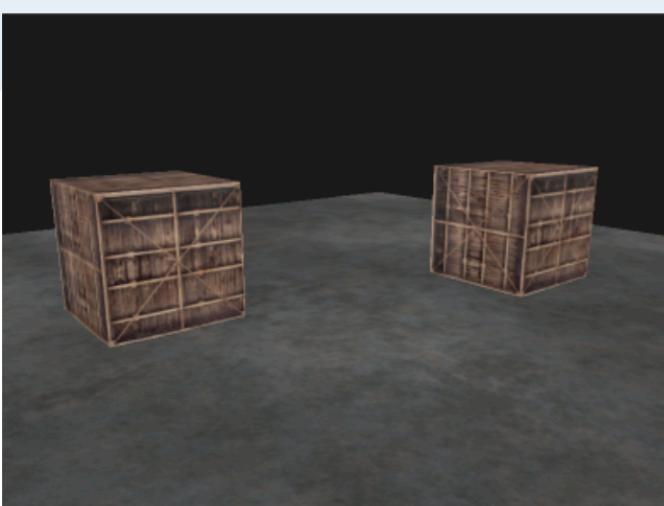
3. Activitats

Què és el frame buffer en la visualització 3D?

- a. Una porció d'una finestra de visualització que s'utilitza per mostrar una escena 3D.
- b. Un punt de vista en una escena 3D.
- c. Una finestra que permet la manipulació de la càmera en un una escena 3D.
- d. Una porció de la memòria de vídeo que s'utilitza per emmagatzemar les dades d'una imatge abans de ser enviades a la pantalla per a la seva visualització.



Un frame buffer és una porció de la memòria de vídeo que s'utilitza per emmagatzemar les dades d'una imatge abans de ser enviades a la pantalla

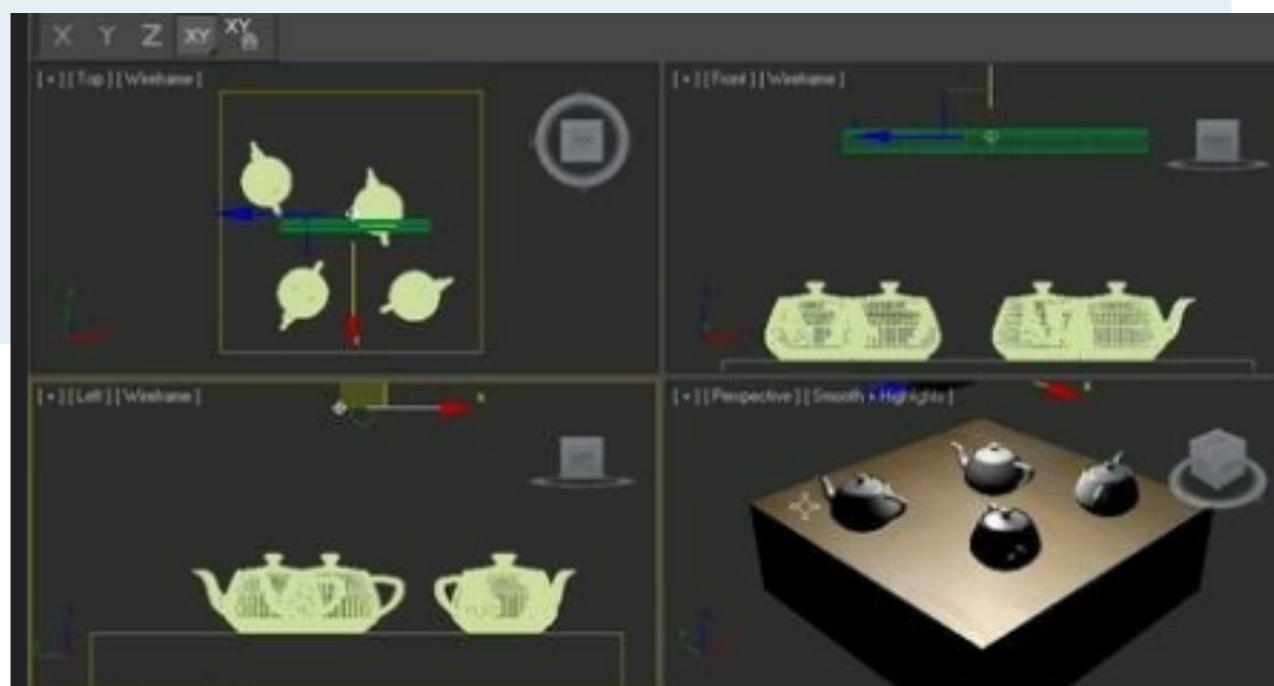


3. Activitats

Què és el viewport en la visualització 3D?

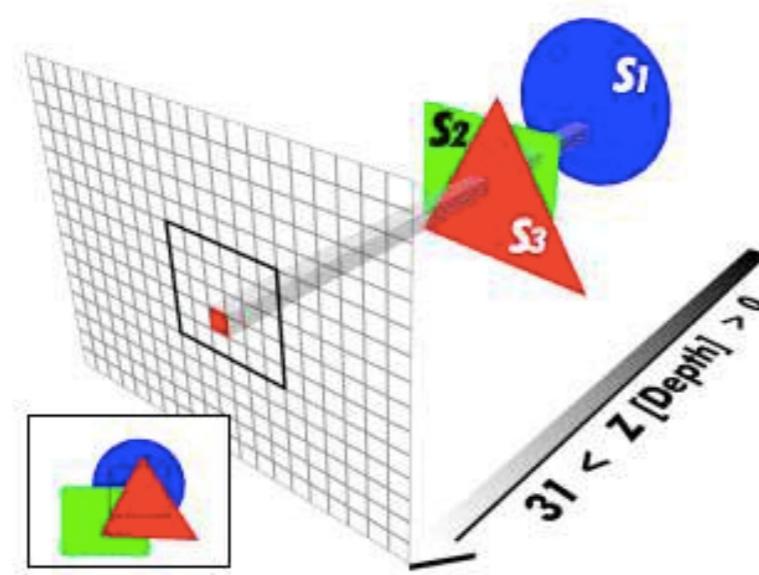
- a. Una porció de la memòria de vídeo que s'utilitza per emmagatzemar les dades d'una imatge abans de ser enviades a la pantalla per a la seva visualització.
- b. Una porció d'una finestra de visualització que s'utilitza per mostrar una escena 3D.
- c. Una tècnica de dibuix en 2D.
- d. Un punt de vista en una escena 3D.

Un viewport és una porció d'una finestra de visualització que s'utilitza per mostrar una escena 3D. El viewport especifica quina part de l'escena es mostra a la pantalla.



Visualització

Mètodes projectius



1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	5	5	5	5	5	5
	5	5	5	5	5	5
	10	10	10	10	5	5
	10	10	10	10	5	5
	10	10	10	10	5	5
	5	5	15	15	5	5
	5	5	15	15	15	5
	10	15	15	15	15	15
	10	15	15	15	15	15
	15	15	15	15	15	15

Més ràpid (basat en hardware)

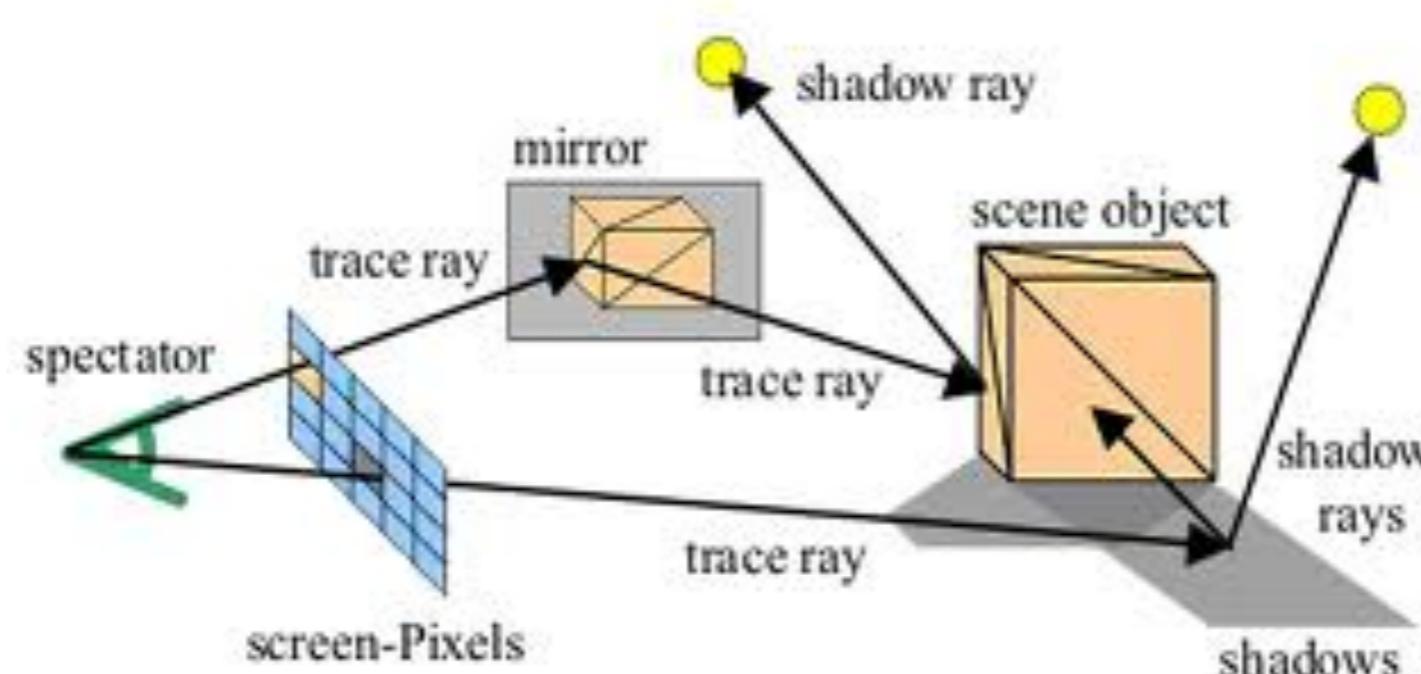
Menys realista

OpenGL



Visualització

RayCasting / Raytracing



il·luminació global

Tradicionalment és lent

Recents implementacions en GPU.



Timothy J. Purcell, Ian Buck, William R. Mark, and Pat Hanrahan. 2002. Ray tracing on programmable graphics hardware. In *Proceedings of the 29th annual conference on Computer graphics and interactive techniques* (SIGGRAPH '02). ACM, New York, NY, USA, 703-712.

3. Activitats

Quina tècnica s'utilitza principalment per renderitzar gràfics 3D en temps real?

- a. Ambdós
- b. Raytracing
- c. Cap dels dos
- d. Z- Buffer

Tot i que les GPUs d'alta gama aconsegueixen Raytracing en temps real, el Z-Bufferi és la tècnica de renderitzat en temps real més utlitzada renderitzar gràfics 3D en temps real en videojocs i aplicacions interactives. És més eficient que el raytracing en termes de temps de renderitzat, però produceix resultats visualment menys precisos.

3. Activitats

Quina tècnica és més adequada per a aplicacions que requereixen alta precisió en la representació d'objectes i textures?

- a. Cap dels dos
- b. Raytracing ✓

I raytracing és més adequat per a aplicacions que requereixen alta precisió en la representació d' objectes i textures a causa de la seva capacitat per simular la forma en què la llum interactua amb els objectes en un escenari. El Z-Buffer, d'altra banda, s'enfoca més en la determinació de quines parts d'un escenari han de ser dibuixades i quines han de ser descartades, tot i que permet mapejar textures ràpidament a les malles usant la memòria i l'acceleració de la GPU.

- c. Z-Buffer
- d. Ambdós

3. Activitats

Quina tècnica permet la simulació d'efectes de llum iombres més precisos?

- a. Cap dels dos
- b. Raytracing ✓

El raytracing permet la simulació d' efectes de llum iombres més precisos a causa de la seva capacitat per simular la forma en què la llum interactua amb els objectes en un escenari. El Z-Buffer, d'altra banda, s'enfoca més en la determinació de quines parts d'un escenari han de ser dibuixades i quines han de ser descartades.

- c. Z-Buffer
- d. Ambdós

3. Activitats

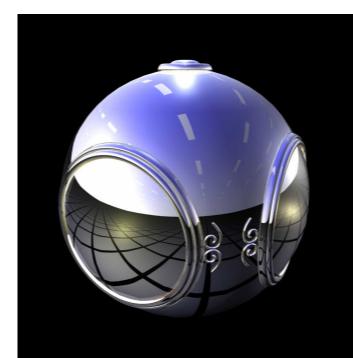
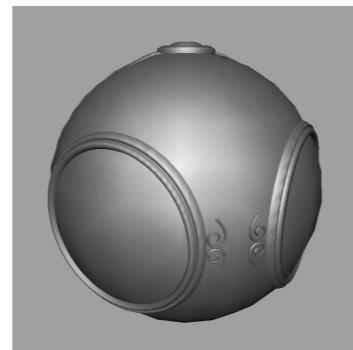
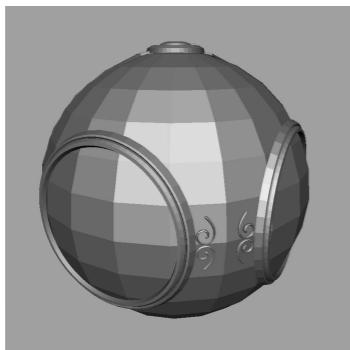
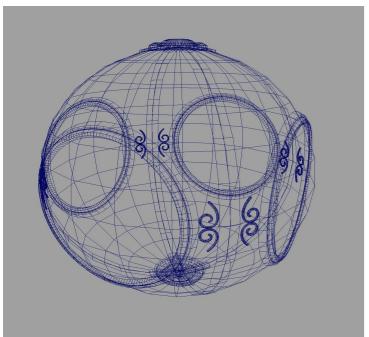
Quina tècnica permet la simulació de reflexos i refraccions més precisos?

- a. Raytracing ✓

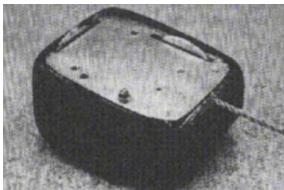
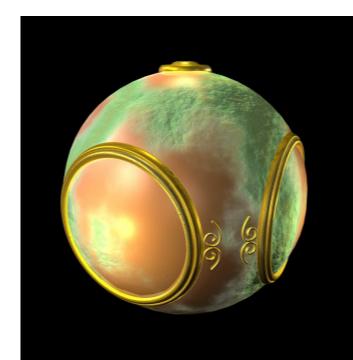
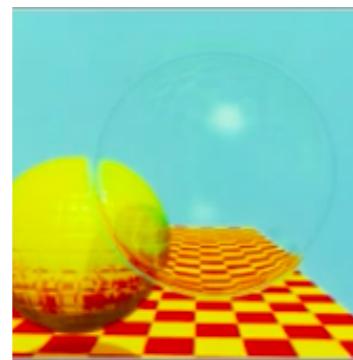
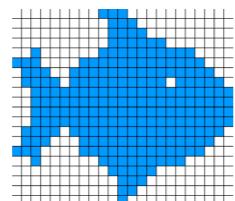
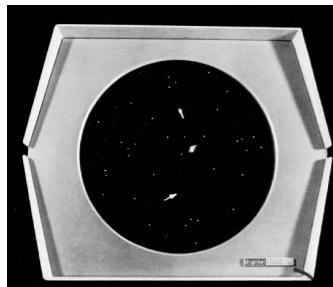
El raytracing permet la simulació de reflexos i refraccions més precisos a causa de la seva capacitat per simular la forma en què la llum interactua amb els objectes en un escenari. El Z-Buffer, d'altra banda, no està dissenyat per simular aquests efectes tot i que pot "simular-los" sense tanta precisió..

- b. Cap dels dos
- c. Z-Buffer
- d. Ambdós

GiVD: Evolució històrica



<http://youtu.be/J6UAYZxFwLc>

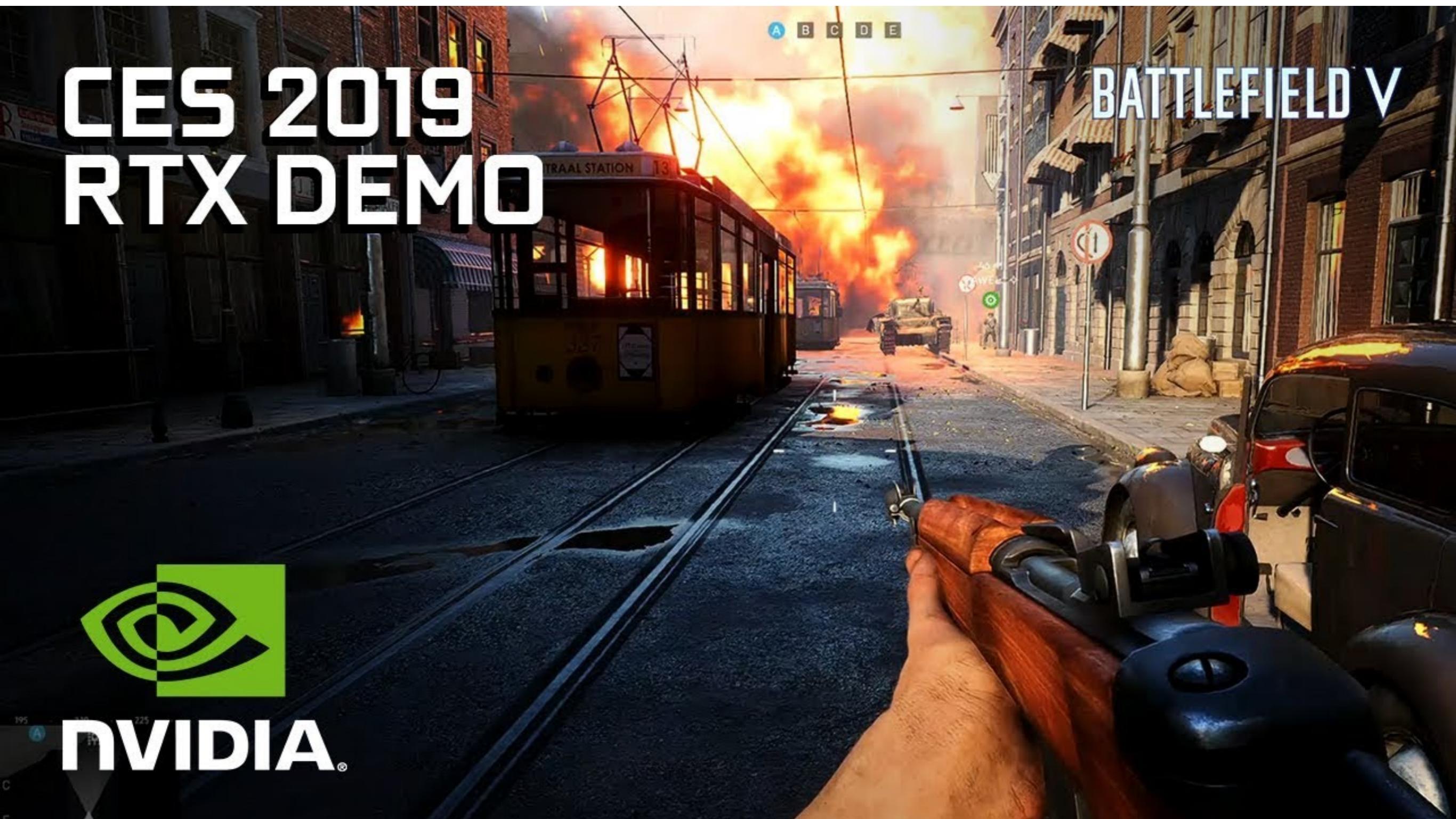


[Evolució històrica dels Gràfics en Computador](#):

[Evolució històrica de pel·lícules que han usat Gràfics en Computador](#): <https://www.youtube.com/watch?v=pWqT8i4GaMo>

[Evolució històrica dels jocs](#): <https://www.youtube.com/watch?v=3H6hnFV-nDU>

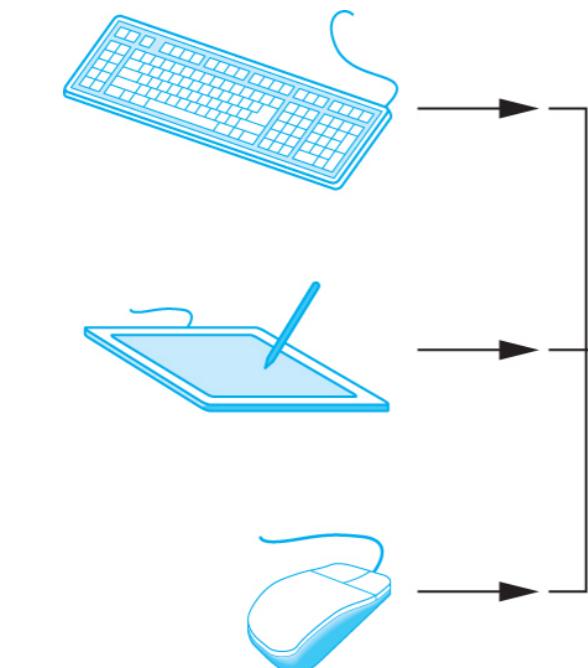
GiVD: Evolució històrica



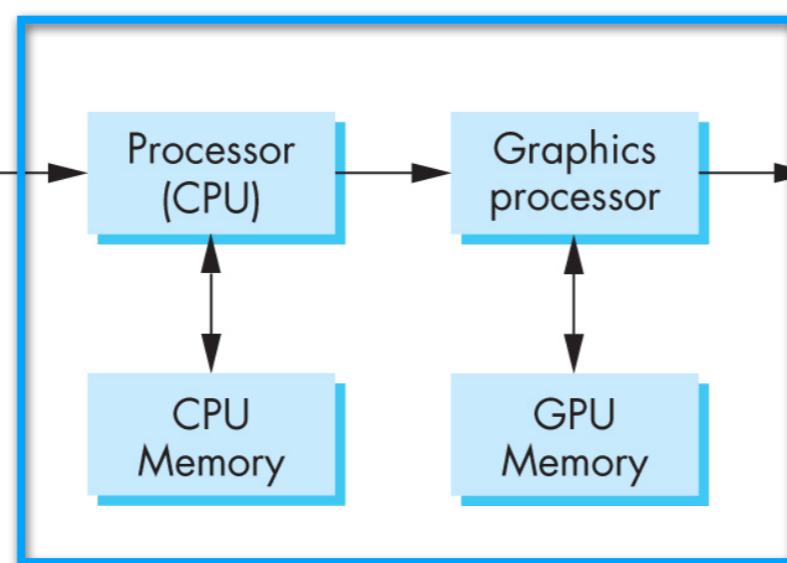
Mesures d'eficiència

- Arquitectura general d'un sistema gràfic [1]

Dispositius d'entrada



<http://www.xbox.com/kinect>



Velocitat CPU- GPU
(MHz cicles/seg)



Hardware gràfic

<https://www.youtube.com/watch?v=6MmiaqK342c>



Virtual Fighter
(SEGA)

NV1

50K triang/sec

1M pixel ops/sec

Dead or Alive 3
(Tecmo)

Xbox (NV2A)

100M triang/sec

1G pixel ops/sec

Dawn
(NVIDIA)
GeForce FX (NV30)

200M triang/sec

2G pixel ops/sec

Metal Gear Solid 4
(PS3)

RSX Nvidia

275M triang/sec

1995

2001

2003

2006

Hardware gràfic

<https://www.youtube.com/watch?v=6MmiaqK342c>



Assassin's Creed 4

Nvidia Gforce 570-780Ti

480 CUDA cores

2G-5G triang/sec

Uncharted IV

(PS4) AMD APU

1,152 shaders

1.6T triang/sec

The Division/Mass Effect

Andromeda

Nvidia GTX1080

3,584 shaders

132.5 GPixel/s

11-16T triang/sec

2011-13

2014-15

2017

Hardware gràfic



MDL and USD

OptiX | DXR | Vulkan

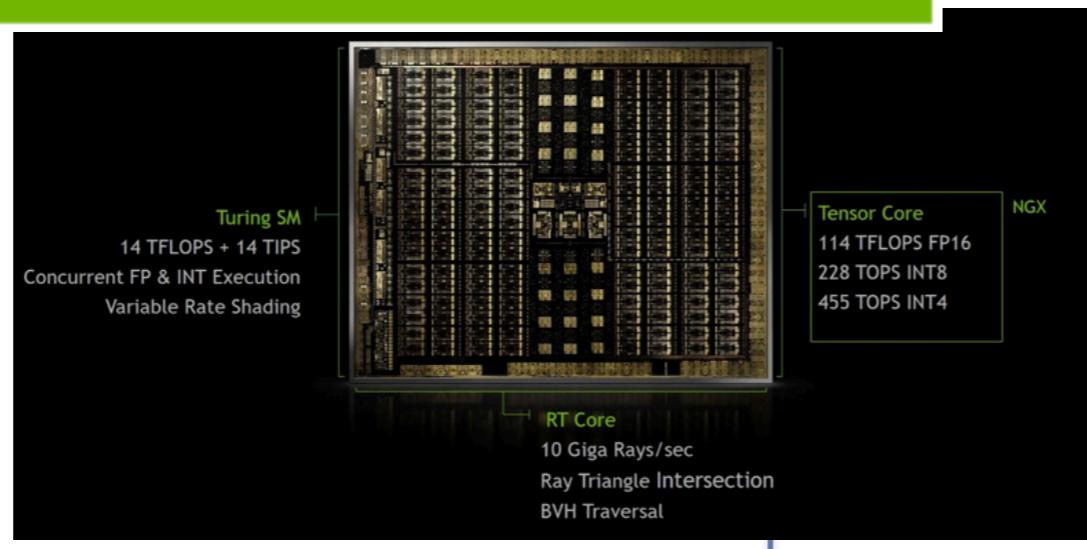
Rasterization
(Graphics Pipeline)

Ray Tracing
(RT Core)

Real-time Ray Tracing Powered by Turing
Compute
(CUDA)

AI
(Tensor Core)

NVIDIA RTX Platform



2018

2019

2021

<https://www.youtube.com/watch?v=4F6ZmaXmOKA>

Turing architecture
GPU GFORCE GTX (RTX3080)
8704 Nuclis
10GB, 1,71GHz
16G flops

Demo Minecraft
Star wars

Per saber-ne més

3. Activitats

Quin d'aquests casos es pot considerar com exemple de visualització interactiva 3D?

Trieu-ne una:

- a. Els joc de mòbil Angry Birds o PacMan
- b. Les pel·lícules Toy Story o Age Ice
- c. Gravar una imatge d'una ressonància magnètica o un scanner 3D
- d. Els videojocs Call of Duty o World of Warcraft ✓ Exacte!

La teva resposta és correcta.

La resposta correcta és: Els videojocs Call of Duty o World of Warcraft

3. Activitats



Quants pixels cal processar per segon si es vol mantenir una velocitat de refresc de 60FPS d'una finestra que té 1920x1200 píxels?

Trieu-ne una:

- a. 38400 píxels/segon
- b. 115200 pixels/segon
- c. 72000 pixels/segon
- d. 138240000 pixels/segon



Molt bé! Has fet $1200 \times 1920 \times 60 = 138240000$ pixels/segon

La teva resposta és correcta.

La resposta correcta és: 138240000 pixels/segon

3. Activitats



Es té una CPU a 2,8 GHz, si es vol refrescar a 20ms/frame i es tenen 1000000 pixels per visualitzar en un frame, quants cicles es disposen per píxel per a aconseguir aquest refresc?

Trieu-ne una:

- a. 56 ✓ Molt bé! Has fet 2.8×10^9 cicles/seg *
cicles $1 \text{ frame}/10^6 \text{ pixels} = 56 \text{ cicles/pixel}$
/pixel
- b. 56000 cicles/pixel
- c. 14 cicles/segon
- d. 0,0056 cicles/pixel

La teva resposta és correcta.

La resposta correcta és: 56 cicles /pixel

3. Activitats



Si es té un refresc de 50 FPS, quants milisegons es tenen per obtenir una visualització d'un frame?

Trieu-ne una:

a. 0,02 ms/frame

b. 20 ✓ Exacte: has fet $(1 \text{ seg}/50 \text{ frames}) * (1000\text{ms}/\text{seg}) = 20 \text{ ms/frame}$

c. 5 ms/frame

La teva resposta és correcta.

La resposta correcta és: 20 ms/frame

3. Activitats



Es té una aplicació que visualitza de la següent forma:

- Els primers 100 frames visualitza a 25 FPS
- Els segons 100 frames visualitza a 50 FPS
- Els tercers 100 frames visualitza a 25 FPS
- Els darrers 100 frames els visualitza a 10FPS

Quin és el promig de FPS al que visualitza aquesta aplicació?

Trieu-ne una:

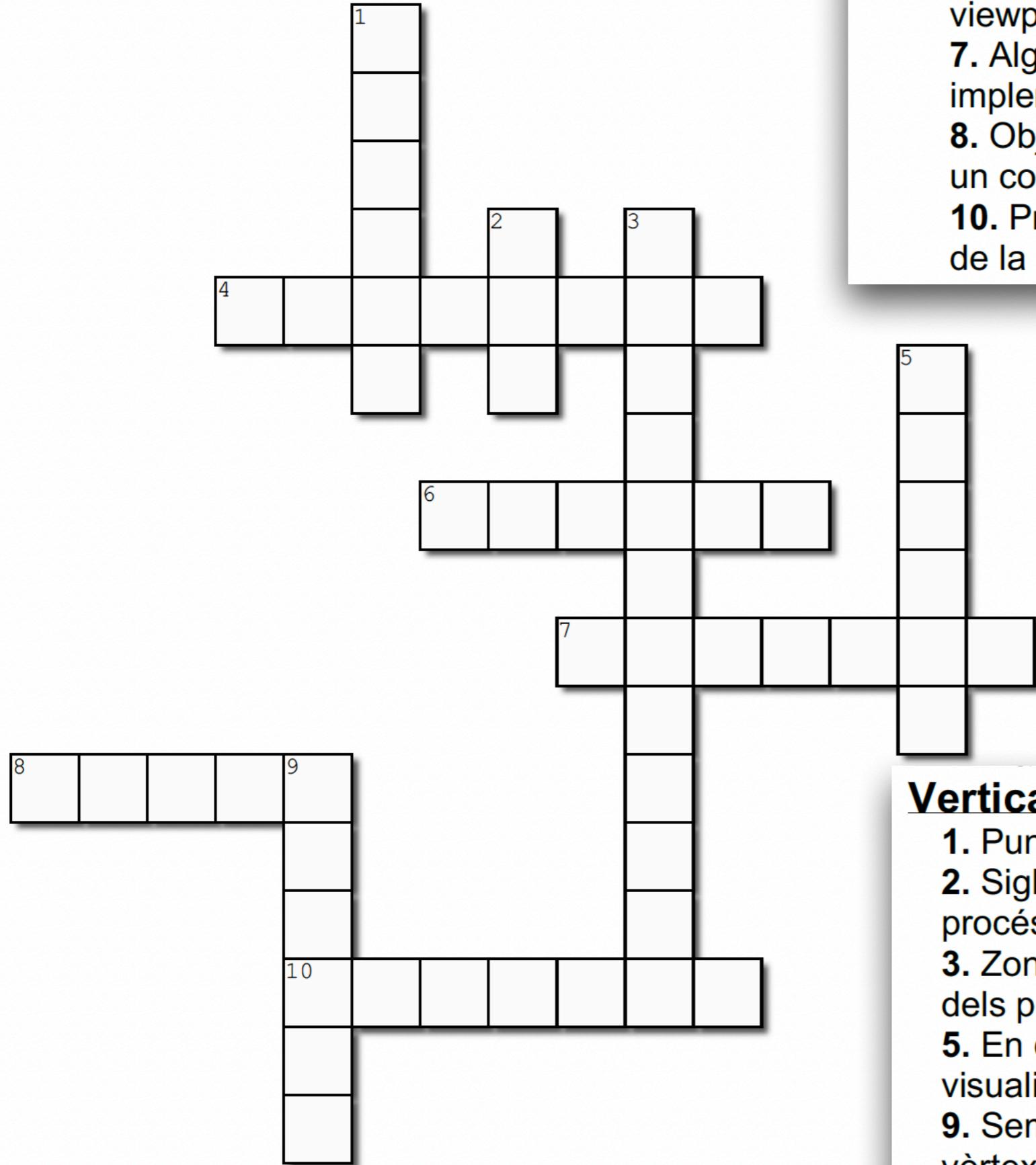
a. $110/4$ FPS

b. 20 ✓ Molts bé! Primer has passat a segons/frame, has sumat tots FPS els temps de tots els frames i després has reconvertit a FPS

c. $110/400$ FPS

d. Cap de les anteriors és correcta

3. Activitats



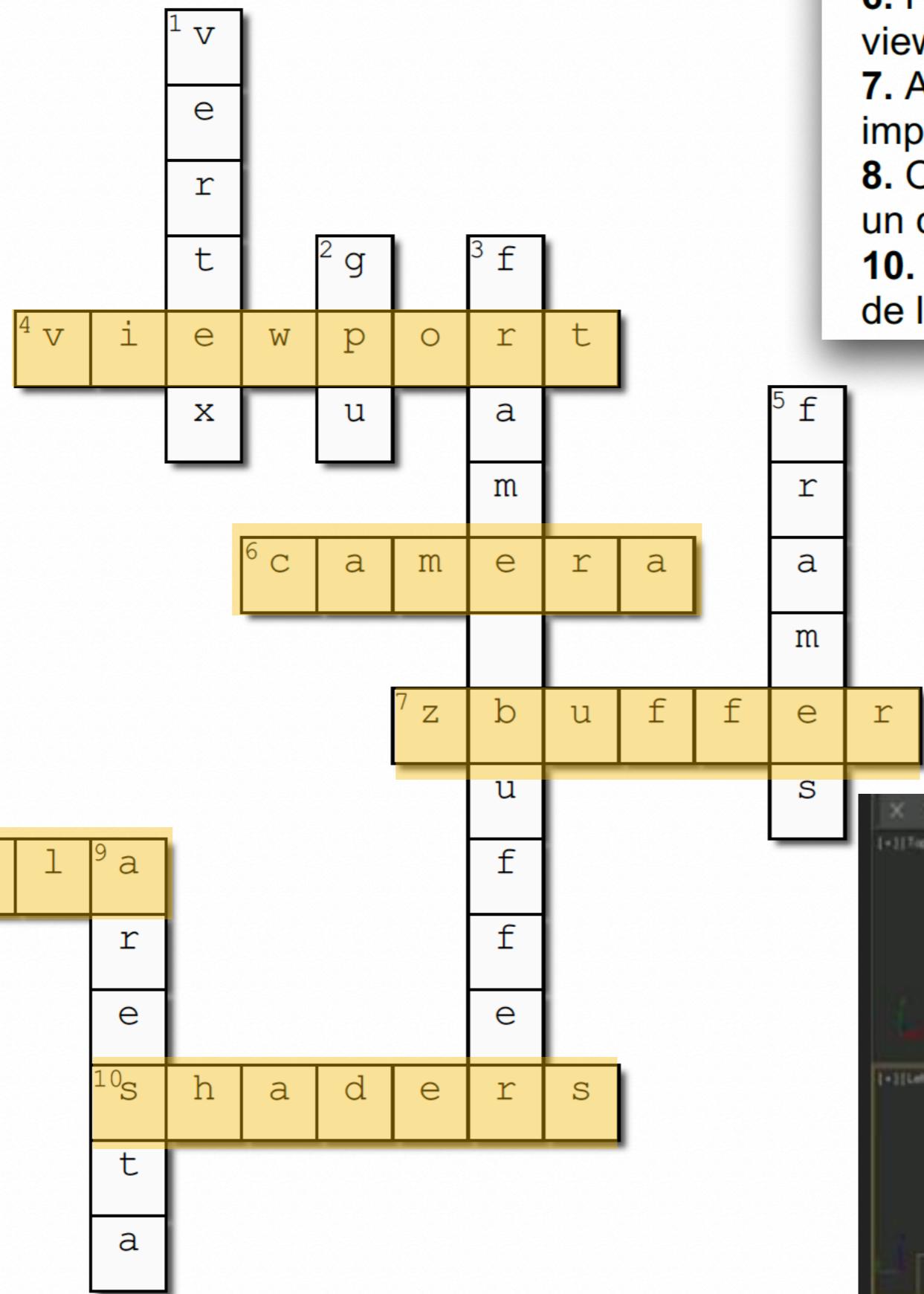
Horizontal

4. Zona de la finestra on es visualitza l'escena (en anglès)
6. Punt on està situat l'observador, fustrum de visió i viewport
7. Algorisme de visualització molt ràpid i fàcilment implementable a la GPU (en anglès)
8. Objecte en el espai R3 que està representat per un conjunt (tancat) de polígons
10. Programes que s'executen en els cores (nuclis) de la GPU (en anglès)

Vertical

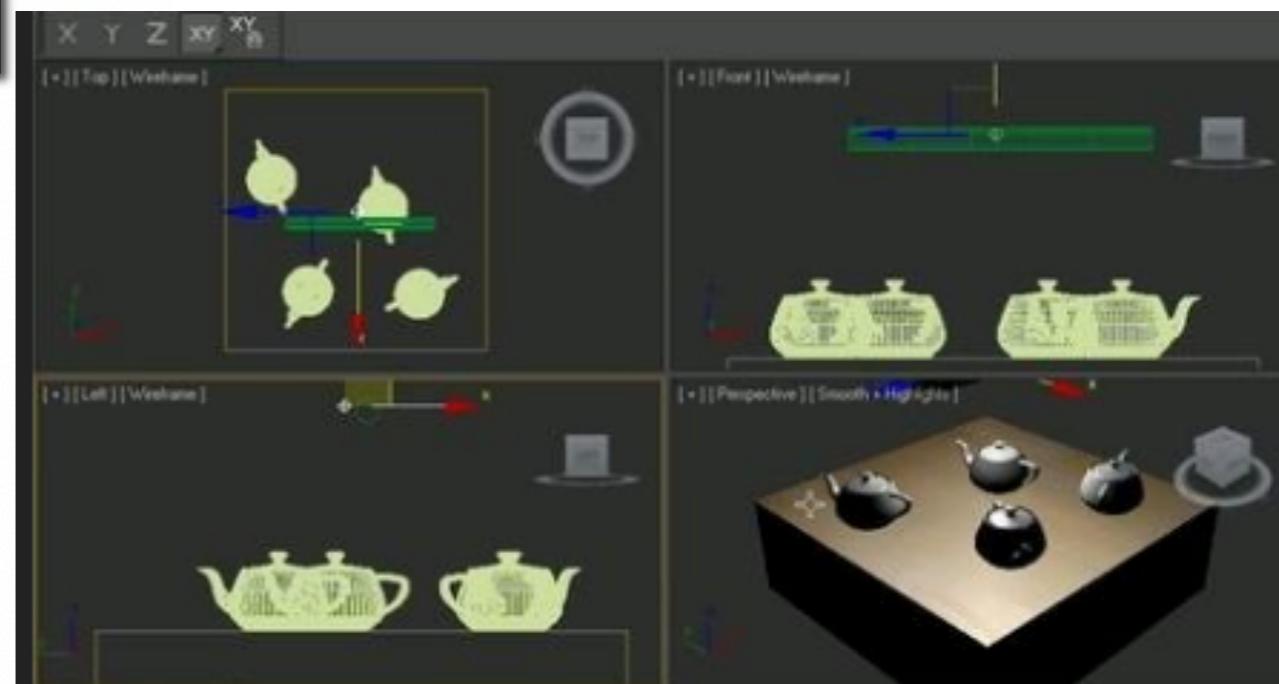
1. Punt representat per les coordenades (x, y, z)
2. Sigles del Hardware especialitzat en optimitzar el procés de visualització
3. Zona de memòria on es guarden els valors RGBs dels píxels del dispositiu (en anglès)
5. En cal un mínim de 6 per segon per obtenir visualitzacions interactives (en anglès)
9. Semi-recta que uneix dos punts extrems o vèrtexs d'una malla

3. Activitats



Horizontal

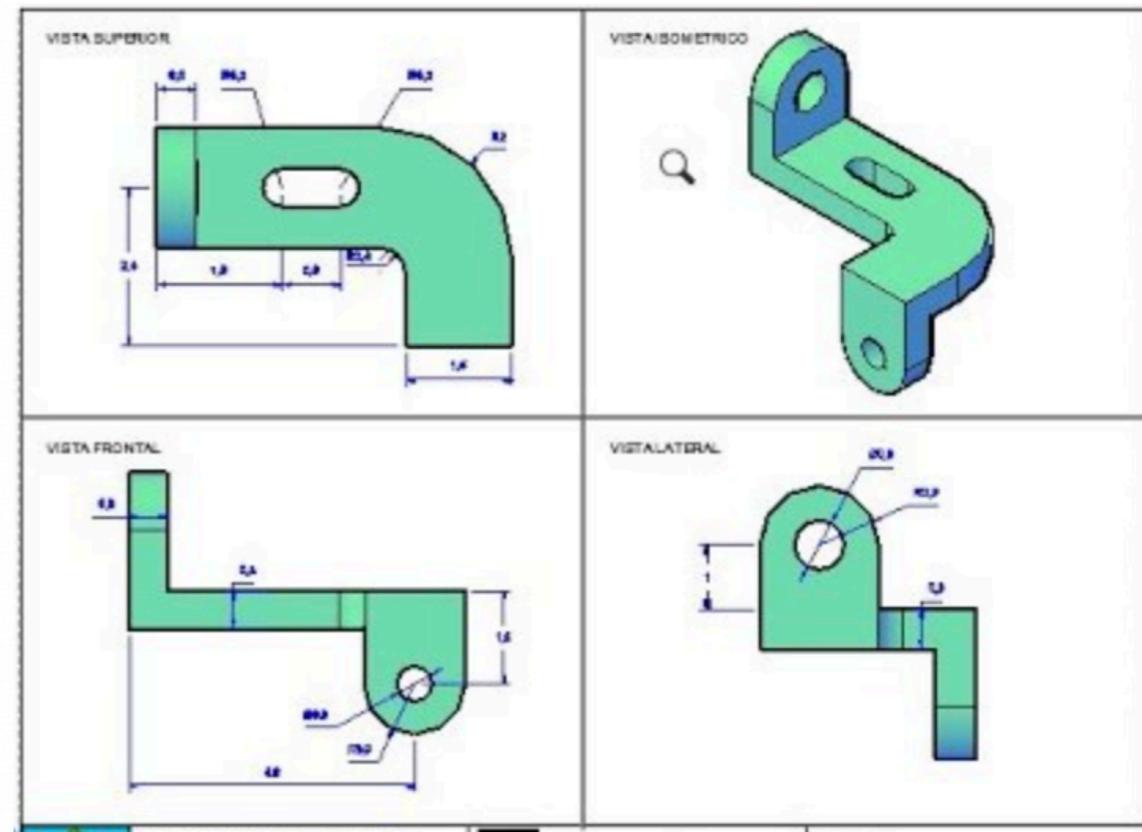
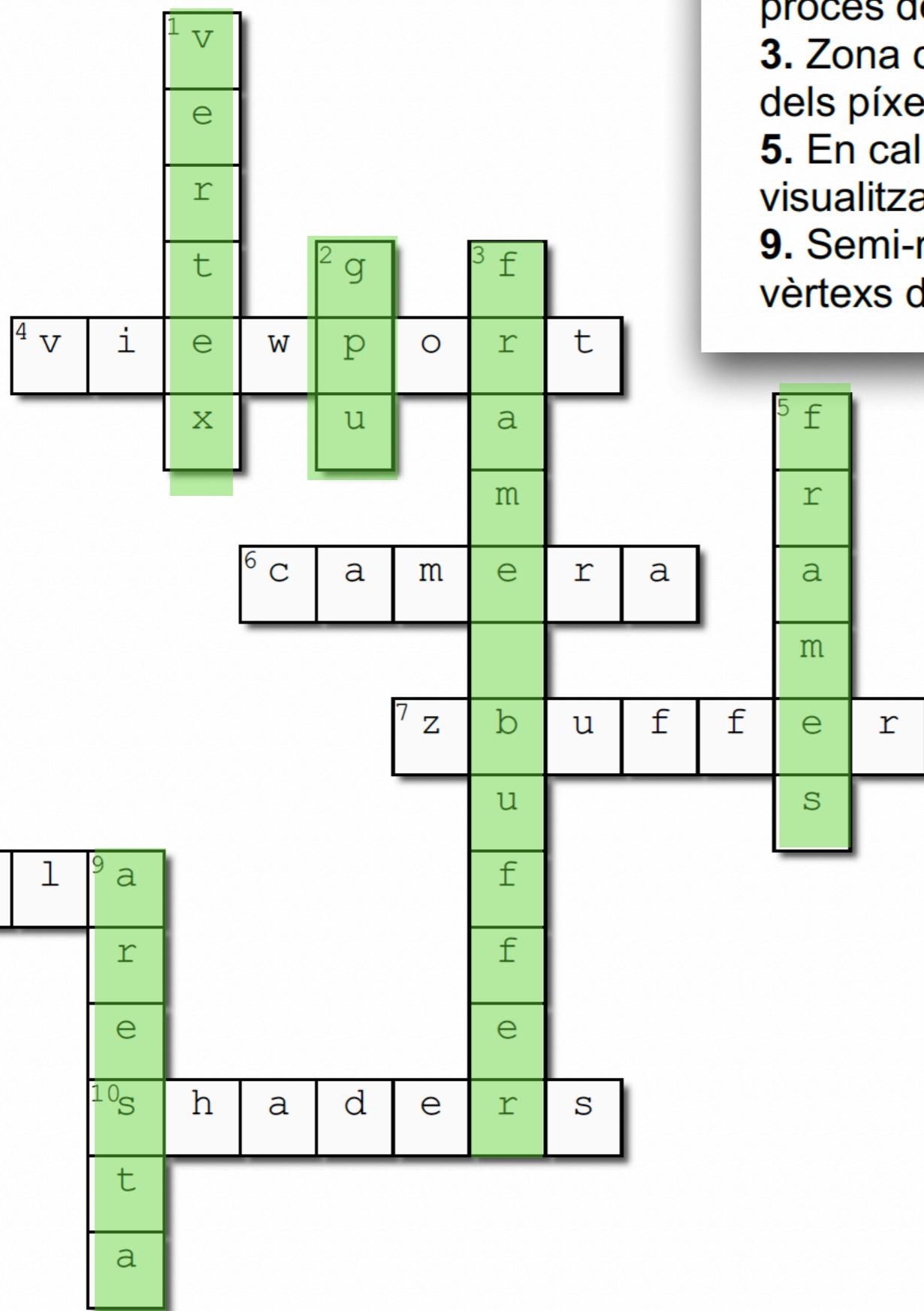
4. Zona de la finestra on es visualitza l'escena (en anglès)
6. Punt on està situat l'observador, frustum de visió i viewport
7. Algorisme de visualització molt ràpid i fàcilment implementable a la GPU (en anglès)
8. Objecte en el espai R3 que està representat per un conjunt (tancat) de polígons
10. Programes que s'executen en els cores (nucls) de la GPU (en anglès)



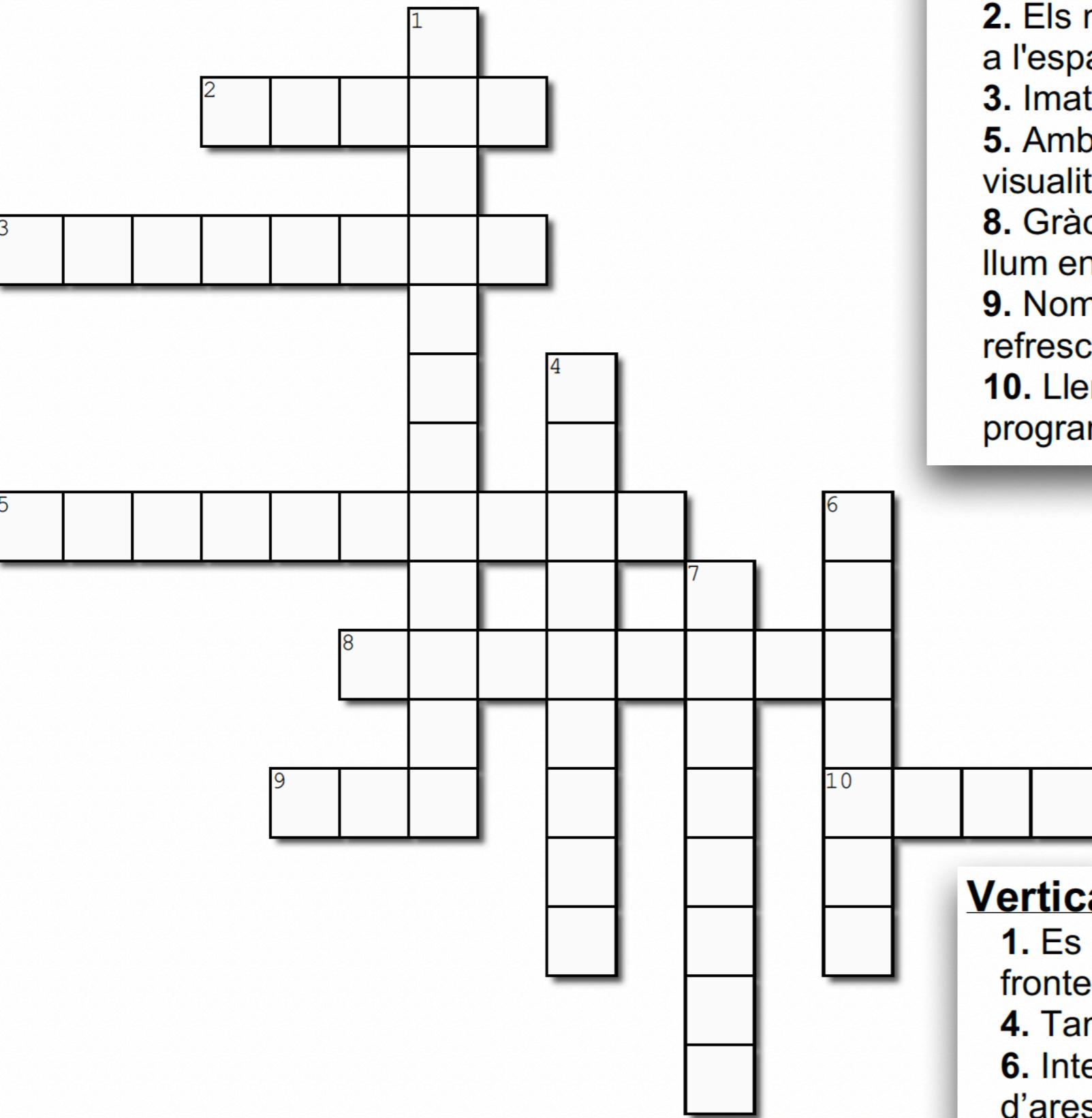
3. Activitats

Vertical

1. Punt representat per les coordenades (x, y, z)
2. Sigles del Hardware especialitzat en optimitzar el procés de visualització
3. Zona de memòria on es guarden els valors RGBs dels píxels del dispositiu (en anglès)
5. En cal un mínim de 6 per segon per obtenir visualitzacions interactives (en anglès)
9. Semi-recta que uneix dos punts extrems o vèrtexs d'una malla



3. Activitats



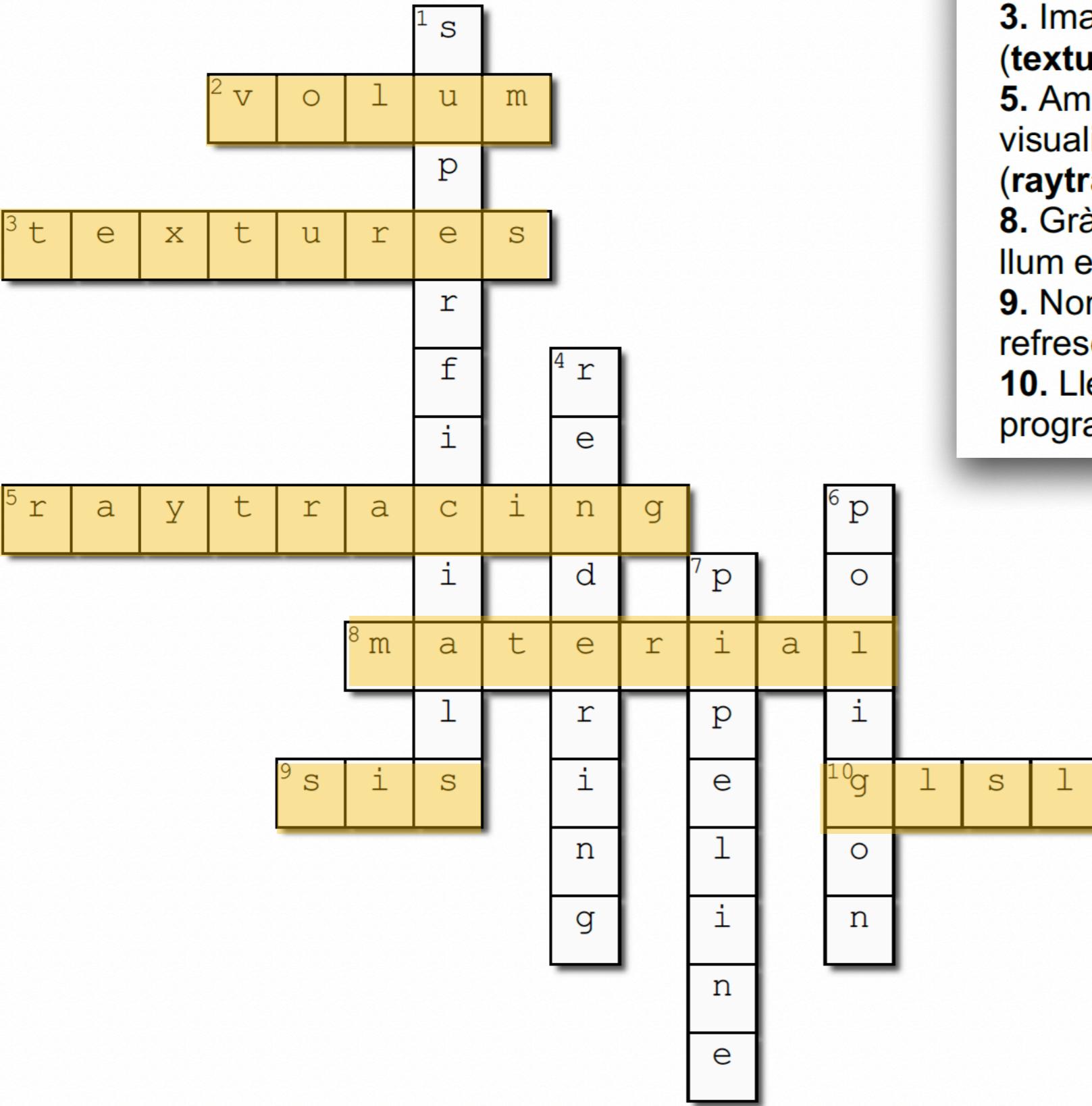
Horizontal

2. Els models de representen punts mostrejats a l'espai
3. Imatges especials per a donar realisme
5. Amb aquest algorisme s'aconsegueixen visualitzacions molt realistes (en anglès)
8. Gràcies a ell es pot veure com es comporta la llum en els objectes
9. Nombre de imatges repetides en un monitor que refresca a 60 Hertz si es visualitza a 10 FPS
10. Llenguatge de baix nivell que serveix per programar la GPU

Vertical

1. Es diu dels objectes que només representen la frontera del sòlid que representen
4. També se'n diu així a la visualització (en anglès)
6. Interior d'un conjunt planar tancat i connectat d'arestes lineals
7. Conjunt d'etapes que es segueixen en el procés de visualització d'una escena virtual (en anglès)

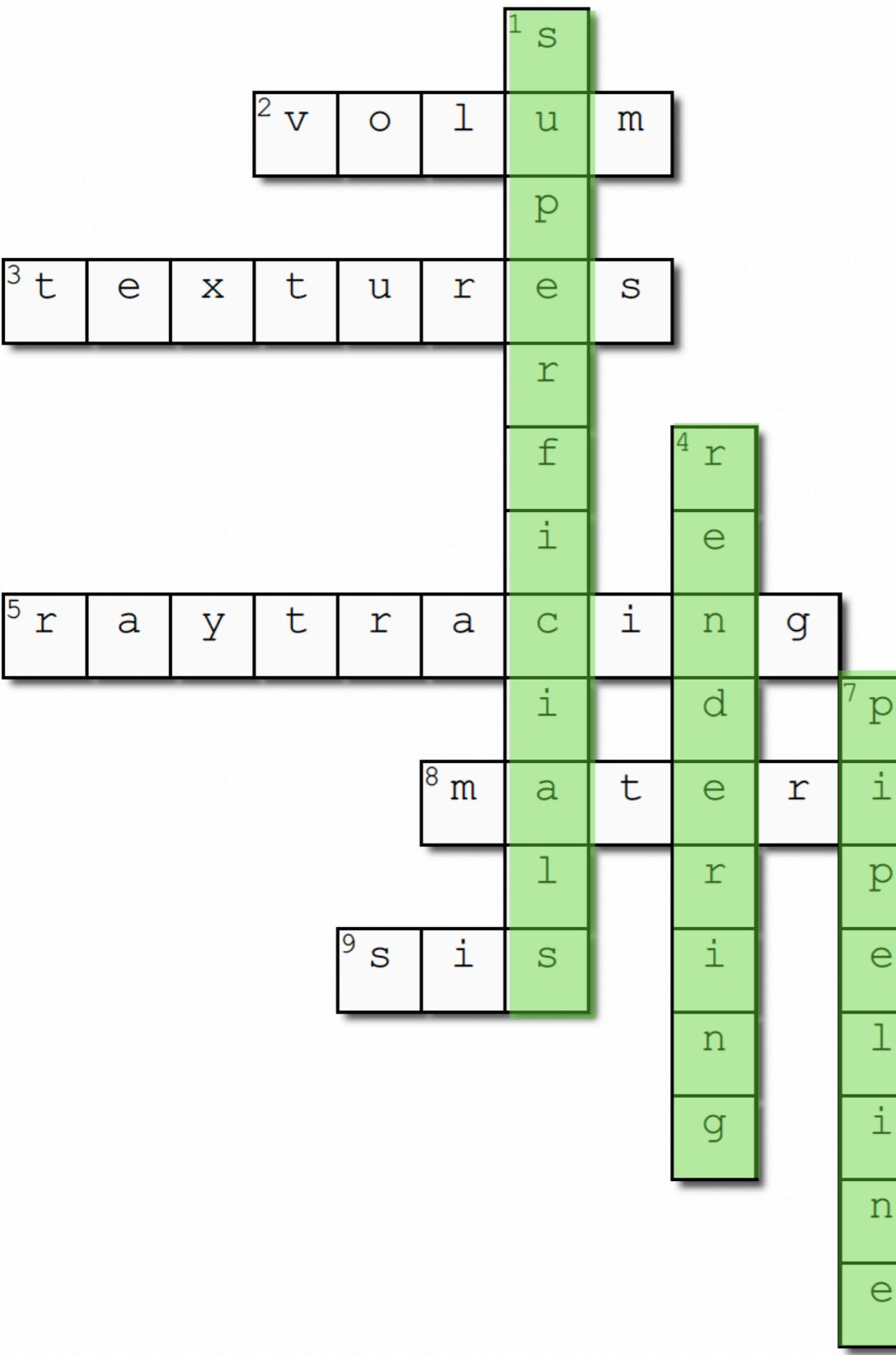
3. Activitats



Horizontal

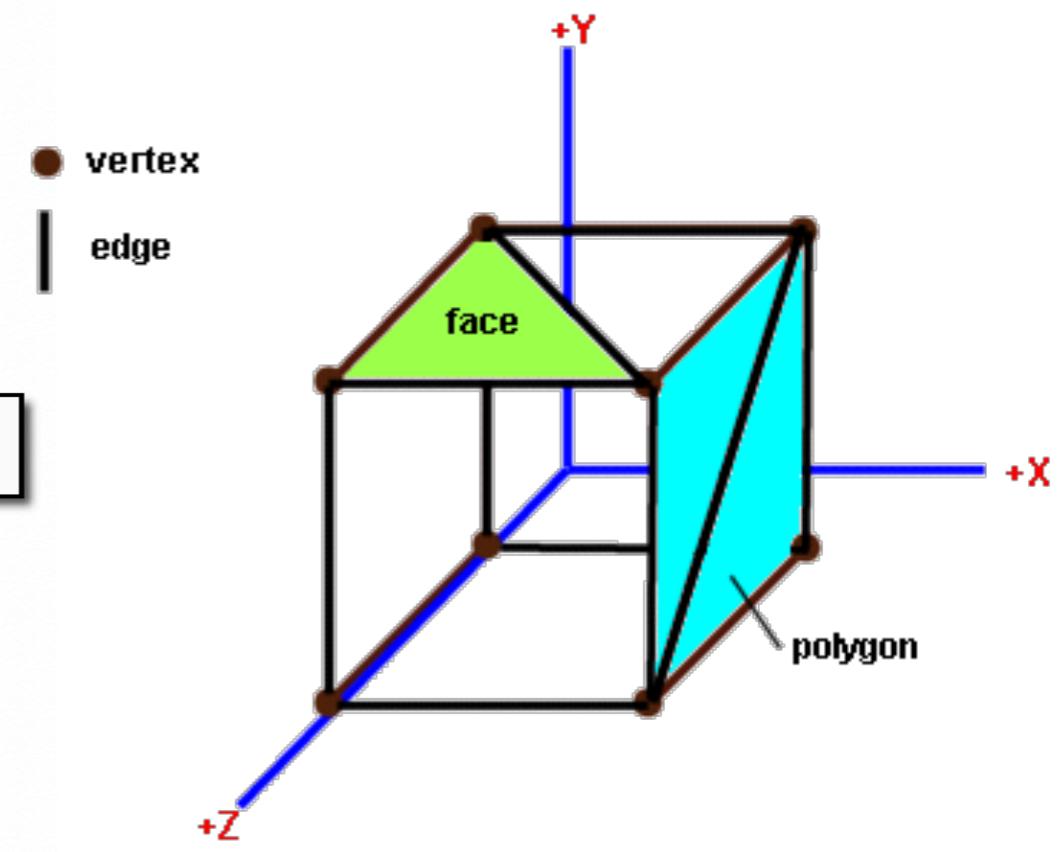
2. Els models de representen punts mostrejats a l'espai (**volum**)
3. Imatges especials per a donar realisme (**textures**)
5. Amb aquest algorisme s'aconsegueixen visualitzacions molt realistes (en anglès) (**raytracing**)
8. Gràcies a ell es pot veure com es comporta la llum en els objectes (**material**)
9. Nombre de imatges repetides en un monitor que refresca a 60 Hertz si es visualitza a 10 FPS (**sis**)
10. Llenguatge de baix nivell que serveix per programar la GPU (**glsl**)

3. Activitats



Vertical

1. Es diu dels objectes que només representen la frontera del sòlid que representen (**superficials**)
4. També se'n diu així a la visualització (en anglès) (**rendering**)
6. Interior d'un conjunt planar tancat i connectat d'arestes lineals (**poligon**)
7. Conjunt d'etapes que es segueixen en el procés de visualització d'una escena virtual (en anglès) (**pipeline**)



Scenes: a la pràctica....

```
"typeScene": "VIRTUAL",  
"objects": [  
{  
  "name": "Esfera",  
  "type": "sphere",  
  "center": [0.0, 0.0, 0.0],  
  "radius": 0.5,  
  "material": {  
    "type": "lambertian",  
    "ka": [0.2, 0.2, 0.2],  
    "kd": [0.5, 0.5, 0.5],  
    "ks": [1.0, 1.0, 1.0],  
    "shininess": 10.0,  
    "kt": [0.0, 0.0, 0.0],  
    "nut": 0.0  
  }  
},  
  {"name": "Woody",  
  "type": "mesh",  
  "center": [0.0, 0.0, 0.0],  
  "radius": 0.5,  
  "material": {  
    "type": "lambertian",  
    "ka": [0.2, 0.2, 0.2],  
    "kd": [0.5, 0.5, 0.5],  
    "ks": [1.0, 1.0, 1.0],  
    "shininess": 10.0,  
    "kt": [0.0, 0.0, 0.0],  
    "nut": 0.0  
  }  
},  
  {"name": "Buzz",  
  "type": "mesh",  
  "center": [0.0, 0.0, 0.0],  
  "radius": 0.5,  
  "material": {  
    "type": "lambertian",  
    "ka": [0.2, 0.2, 0.2],  
    "kd": [0.5, 0.5, 0.5],  
    "ks": [1.0, 1.0, 1.0],  
    "shininess": 10.0,  
    "kt": [0.0, 0.0, 0.0],  
    "nut": 0.0  
  }  
}]
```



Objectes
Virtuals

```
{  
  "renderType": "ONLINE",  
  "output": "resultat.ppm",  
  "camera": {  
    "lookFrom": [0.0, 0.0, 2.0],  
    "lookAt": [0, 0, -1],  
    "vup": [0, 1, 0],  
    "vfov": 90.0,  
    "aspectRatio": 1.77,  
    "pixelsX": 400  
  },  
  "colorTopBackground": [0.5, 0.7, 1],  
  "colorDownBackground": [1.0, 0.2, 0.2]  
}
```

elements geomètrics
(objectes)
propietats òptiques
(materials i textures)

Dades del món real
Simulacions
Món virtuals i logs

Adquisició
de dades

Visual
mapping



```
"data": [  
  [ 2.1, 41.31, 10000],  
  [ 2.2, 41.32, 10000],  
  [ 2.25, 41.35, 10000],  
  [ 2.07, 41.45, 10000],  
  [ 2.15, 41.4, 10000],  
  [ 2.20, 41.35, 10000],  
  [ 2.18, 41.38, 10000],  
  [ 2.22, 41.34, 10000],  
  [ 2.16, 41.39, 10000],  
  [ 2.24, 41.33, 10000],  
  [ 2.19, 41.37, 10000],  
  [ 2.21, 41.36, 10000],  
  [ 2.17, 41.31, 10000],  
  [ 2.23, 41.32, 10000],  
  [ 2.14, 41.35, 10000],  
  [ 2.26, 41.45, 10000],  
  [ 2.11, 41.4, 10000],  
  [ 2.28, 41.35, 10000],  
  [ 2.13, 41.38, 10000],  
  [ 2.27, 41.34, 10000],  
  [ 2.12, 41.39, 10000],  
  [ 2.29, 41.33, 10000],  
  [ 2.10, 41.37, 10000],  
  [ 2.25, 41.36, 10000],  
  [ 2.15, 41.31, 10000],  
  [ 2.24, 41.32, 10000],  
  [ 2.18, 41.35, 10000],  
  [ 2.22, 41.45, 10000],  
  [ 2.16, 41.4, 10000],  
  [ 2.26, 41.35, 10000],  
  [ 2.17, 41.38, 10000],  
  [ 2.23, 41.34, 10000],  
  [ 2.19, 41.39, 10000],  
  [ 2.21, 41.36, 10000],  
  [ 2.14, 41.31, 10000],  
  [ 2.28, 41.32, 10000],  
  [ 2.11, 41.35, 10000],  
  [ 2.29, 41.45, 10000],  
  [ 2.13, 41.4, 10000],  
  [ 2.27, 41.35, 10000],  
  [ 2.16, 41.38, 10000],  
  [ 2.22, 41.34, 10000],  
  [ 2.18, 41.39, 10000],  
  [ 2.25, 41.36, 10000],  
  [ 2.12, 41.31, 10000],  
  [ 2.26, 41.32, 10000],  
  [ 2.19, 41.35, 10000],  
  [ 2.23, 41.45, 10000],  
  [ 2.15, 41.4, 10000],  
  [ 2.28, 41.35, 10000],  
  [ 2.17, 41.38, 10000],  
  [ 2.21, 41.34, 10000],  
  [ 2.13, 41.39, 10000],  
  [ 2.26, 41.36, 10000],  
  [ 2.14, 41.31, 10000],  
  [ 2.27, 41.32, 10000],  
  [ 2.16, 41.35, 10000],  
  [ 2.24, 41.45, 10000],  
  [ 2.12, 41.4, 10000],  
  [ 2.29, 41.35, 10000],  
  [ 2.18, 41.38, 10000],  
  [ 2.22, 41.34, 10000],  
  [ 2.15, 41.39, 10000],  
  [ 2.28, 41.36, 10000],  
  [ 2.13, 41.31, 10000],  
  [ 2.25, 41.32, 10000],  
  [ 2.17, 41.35, 10000],  
  [ 2.26, 41.45, 10000],  
  [ 2.10, 41.4, 10000],  
  [ 2.3, 41.35, 10000],  
  [ 2.19, 41.38, 10000],  
  [ 2.21, 41.34, 10000],  
  [ 2.16, 41.39, 10000],  
  [ 2.23, 41.36, 10000],  
  [ 2.14, 41.31, 10000],  
  [ 2.27, 41.32, 10000],  
  [ 2.18, 41.35, 10000],  
  [ 2.25, 41.45, 10000],  
  [ 2.12, 41.4, 10000],  
  [ 2.29, 41.35, 10000],  
  [ 2.15, 41.38, 10000],  
  [ 2.22, 41.34, 10000],  
  [ 2.17, 41.39, 10000],  
  [ 2.26, 41.36, 10000],  
  [ 2.11, 41.31, 10000],  
  [ 2.28, 41.32, 10000],  
  [ 2.16, 41.35, 10000],  
  [ 2.24, 41.45, 10000],  
  [ 2.13, 41.4, 10000],  
  [ 2.27, 41.35, 10000],  
  [ 2.18, 41.38, 10000],  
  [ 2.21, 41.34, 10000],  
  [ 2.15, 41.39, 10000],  
  [ 2.29, 41.36, 10000],  
  [ 2.12, 41.31, 10000],  
  [ 2.26, 41.32, 10000],  
  [ 2.17, 41.35, 10000],  
  [ 2.23, 41.45, 10000],  
  [ 2.14, 41.4, 10000],  
  [ 2.28, 41.35, 10000],  
  [ 2.16, 41.38, 10000],  
  [ 2.22, 41.34, 10000],  
  [ 2.13, 41.39, 10000],  
  [ 2.27, 41.36, 10000],  
  [ 2.15, 41.31, 10000],  
  [ 2.25, 41.32, 10000],  
  [ 2.18, 41.35, 10000],  
  [ 2.24, 41.45, 10000],  
  [ 2.11, 41.4, 10000],  
  [ 2.29, 41.35, 10000],  
  [ 2.17, 41.38, 10000],  
  [ 2.21, 41.34, 10000],  
  [ 2.14, 41.39, 10000],  
  [ 2.26, 41.36, 10000],  
  [ 2.13, 41.31, 10000],  
  [ 2.28, 41.32, 10000],  
  [ 2.16, 41.35, 10000],  
  [ 2.23, 41.45, 10000],  
  [ 2.12, 41.4, 10000],  
  [ 2.27, 41.35, 10000],  
  [ 2.18, 41.38, 10000],  
  [ 2.22, 41.34, 10000],  
  [ 2.15, 41.39, 10000],  
  [ 2.29, 41.36, 10000],  
  [ 2.11, 41.31, 10000],  
  [ 2.26, 41.32, 10000],  
  [ 2.19, 41.35, 10000],  
  [ 2.25, 41.45, 10000],  
  [ 2.13, 41.4, 10000],  
  [ 2.28, 41.35, 10000],  
  [ 2.16, 41.38, 10000],  
  [ 2.21, 41.34, 10000],  
  [ 2.14, 41.39, 10000],  
  [ 2.27, 41.36, 10000],  
  [ 2.12, 41.31, 10000],  
  [ 2.25, 41.32, 10000],  
  [ 2.17, 41.35, 10000],  
  [ 2.23, 41.45, 10000],  
  [ 2.10, 41.4, 10000],  
  [ 2.29, 41.35, 10000],  
  [ 2.15, 41.38, 10000],  
  [ 2.22, 41.34, 10000],  
  [ 2.13, 41.39, 10000],  
  [ 2.28, 41.36, 10000],  
  [ 2.14, 41.31, 10000],  
  [ 2.26, 41.32, 10000],  
  [ 2.18, 41.35, 10000],  
  [ 2.24, 41.45, 10000],  
  [ 2.12, 41.4, 10000],  
  [ 2.27, 41.35, 10000],  
  [ 2.17, 41.38, 10000],  
  [ 2.21, 41.34, 10000],  
  [ 2.15, 41.39, 10000],  
  [ 2.29, 41.36, 10000],  
  [ 2.13, 41.31, 10000],  
  [ 2.25, 41.32, 10000],  
  [ 2.19, 41.35, 10000],  
  [ 2.26, 41.45, 10000],  
  [ 2.11, 41.4, 10000],  
  [ 2.28, 41.35, 10000],  
  [ 2.16, 41.38, 10000],  
  [ 2.22, 41.34, 10000],  
  [ 2.14, 41.39, 10000],  
  [ 2.27, 41.36, 10000],  
  [ 2.12, 41.31, 10000],  
  [ 2.24, 41.32, 10000],  
  [ 2.18, 41.35, 10000],  
  [ 2.23, 41.45, 10000],  
  [ 2.10, 41.4, 10000],  
  [ 2.29, 41.35, 10000],  
  [ 2.17, 41.38, 10000],  
  [ 2.21, 41.34, 10000],  
  [ 2.15, 41.39, 10000],  
  [ 2.28, 41.36, 10000],  
  [ 2.13, 41.31, 10000],  
  [ 2.26, 41.32, 10000],  
  [ 2.19, 41.35, 10000],  
  [ 2.25, 41.45, 10000],  
  [ 2.11, 41.4, 10000],  
  [ 2.27, 41.35, 10000],  
  [ 2.16, 41.38, 10000],  
  [ 2.22, 41.34, 10000],  
  [ 2.14, 41.39, 10000],  
  [ 2.26, 41.36, 10000],  
  [ 2.12, 41.31, 10000],  
  [ 2.24, 41.32, 10000],  
  [ 2.18, 41.35, 10000],  
  [ 2.23, 41.45, 10000],  
  [ 2.10, 41.4, 10000],  
  [ 2.28, 41.35, 10000],  
  [ 2.15, 41.38, 10000],  
  [ 2.21, 41.34, 10000],  
  [ 2.13, 41.39, 10000],  
  [ 2.27, 41.36, 10000],  
  [ 2.14, 41.31, 10000],  
  [ 2.25, 41.32, 10000],  
  [ 2.19, 41.35, 10000],  
  [ 2.24, 41.45, 10000],  
  [ 2.12, 41.4, 10000],  
  [ 2.29, 41.35, 10000],  
  [ 2.17, 41.38, 10000],  
  [ 2.21, 41.34, 10000],  
  [ 2.15, 41.39, 10000],  
  [ 2.28, 41.36, 10000],  
  [ 2.13, 41.31, 10000],  
  [ 2.26, 41.32, 10000],  
  [ 2.18, 41.35, 10000],  
  [ 2.23, 41.45, 10000],  
  [ 2.11, 41.4, 10000],  
  [ 2.27, 41.35, 10000],  
  [ 2.16, 41.38, 10000],  
  [ 2.22, 41.34, 10000],  
  [ 2.14, 41.39, 10000],  
  [ 2.26, 41.36, 10000],  
  [ 2.12, 41.31, 10000],  
  [ 2.24, 41.32, 10000],  
  [ 2.19, 41.35, 10000],  
  [ 2.25, 41.45, 10000],  
  [ 2.10, 41.4, 10000],  
  [ 2.28, 41.35, 10000],  
  [ 2.15, 41.38, 10000],  
  [ 2.21, 41.34, 10000],  
  [ 2.13, 41.39, 10000],  
  [ 2.27, 41.36, 10000],  
  [ 2.14, 41.31, 10000],  
  [ 2.26, 41.32, 10000],  
  [ 2.19, 41.35, 10000],  
  [ 2.23, 41.45, 10000],  
  [ 2.12, 41.4, 10000],  
  [ 2.27, 41.35, 10000],  
  [ 2.17, 41.38, 10000],  
  [ 2.21, 41.34, 10000],  
  [ 2.15, 41.39, 10000],  
  [ 2.28, 41.36, 10000],  
  [ 2.13, 41.31, 10000],  
  [ 2.25, 41.32, 10000],  
  [ 2.18, 41.35, 10000],  
  [ 2.24, 41.45, 10000],  
  [ 2.11, 41.4, 10000],  
  [ 2.29, 41.35, 10000],  
  [ 2.16, 41.38, 10000],  
  [ 2.22, 41.34, 10000],  
  [ 2.14, 41.39, 10000],  
  [ 2.26, 41.36, 10000],  
  [ 2.12, 41.31, 10000],  
  [ 2.24, 41.32, 10000],  
  [ 2.19, 41.35, 10000],  
  [ 2.23, 41.45, 10000],  
  [ 2.10, 41.4, 10000],  
  [ 2.28, 41.35, 10000],  
  [ 2.15, 41.38, 10000],  
  [ 2.21, 41.34, 10000],  
  [ 2.13, 41.39, 10000],  
  [ 2.27, 41.36, 10000],  
  [ 2.14, 41.31, 10000],  
  [ 2.25, 41.32, 10000],  
  [ 2.19, 41.35, 10000],  
  [ 2.24, 41.45, 10000],  
  [ 2.12, 41.4, 10000],  
  [ 2.29, 41.35, 10000],  
  [ 2.17, 41.38, 10000],  
  [ 2.21, 41.34, 10000],  
  [ 2.15, 41.39, 10000],  
  [ 2.28, 41.36, 10000],  
  [ 2.13, 41.31, 10000],  
  [ 2.26, 41.32, 10000],  
  [ 2.18, 41.35, 10000],  
  [ 2.23, 41.45, 10000],  
  [ 2.11, 41.4, 10000],  
  [ 2.27, 41.35, 10000],  
  [ 2.16, 41.38, 10000],  
  [ 2.22, 41.34, 10000],  
  [ 2.14, 41.39, 10000],  
  [ 2.26, 41.36, 10000],  
  [ 2.12, 41.31, 10000],  
  [ 2.24, 41.32, 10000],  
  [ 2.19, 41.35, 10000],  
  [ 2.25, 41.45, 10000],  
  [ 2.10, 41.4, 10000],  
  [ 2.28, 41.35, 10000],  
  [ 2.15, 41.38, 10000],  
  [ 2.21, 41.34, 10000],  
  [ 2.13, 41.39, 10000],  
  [ 2.27, 41.36, 10000],  
  [ 2.14, 41.31, 10000],  
  [ 2.26, 41.32, 10000],  
  [ 2.19, 41.35, 10000],  
  [ 2.23, 41.45, 10000],  
  [ 2.12, 41.4, 10000],  
  [ 2.27, 41.35, 10000],  
  [ 2.17, 41.38, 10000],  
  [ 2.21, 41.34, 10000],  
  [ 2.15, 41.39, 1000
```

4. Breus pinzellades TG's

Coordenades homogènies 3D en un sistema afí:

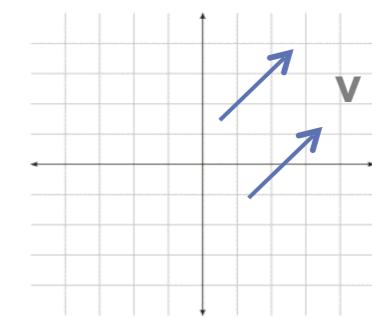
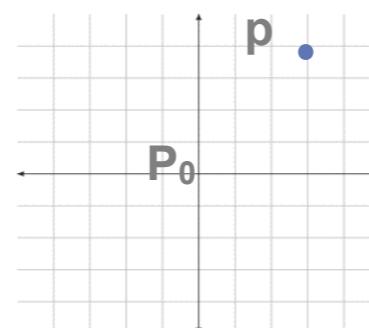
$$\mathbf{v} = a_1 \mathbf{v}_1 + a_2 \mathbf{v}_2 + a_3 \mathbf{v}_3 = [a_1 \ a_2 \ a_3 \ 0] [\mathbf{v}_1 \ \mathbf{v}_2 \ \mathbf{v}_3 \ P_0]^T$$

$$\mathbf{p} = \mathbf{p}_0 + b_1 \mathbf{v}_1 + b_2 \mathbf{v}_2 + b_3 \mathbf{v}_3 = [b_1 \ b_2 \ b_3 \ 1] [\mathbf{v}_1 \ \mathbf{v}_2 \ \mathbf{v}_3 \ P_0]^T$$

és a dir, un vector \mathbf{v} i un punt \mathbf{p} es posen de la forma:

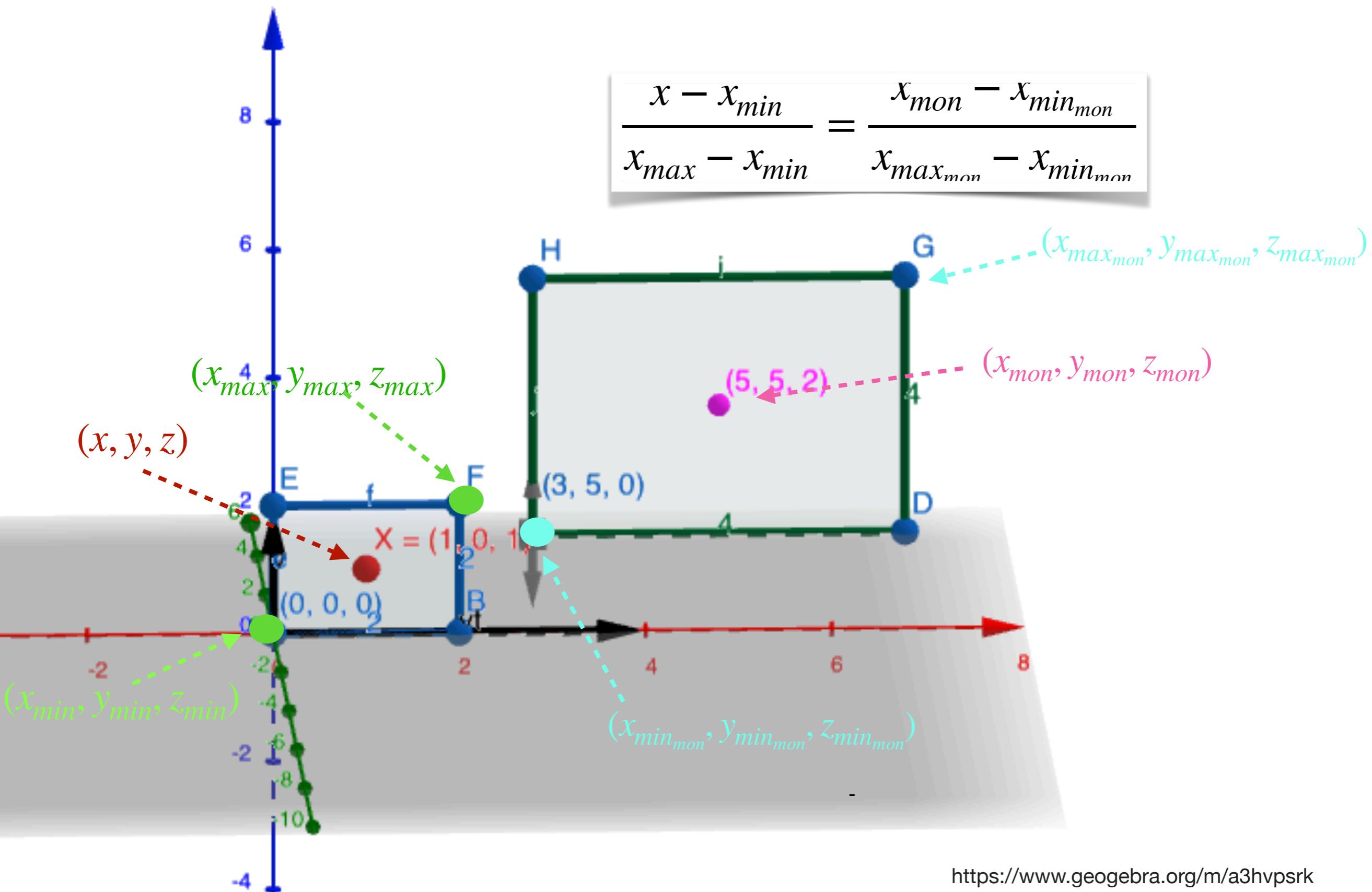
$$\mathbf{v} = [a_1 \ a_2 \ a_3 \ 0]^T$$

$$\mathbf{p} = [b_1 \ b_2 \ b_3 \ 1]^T$$

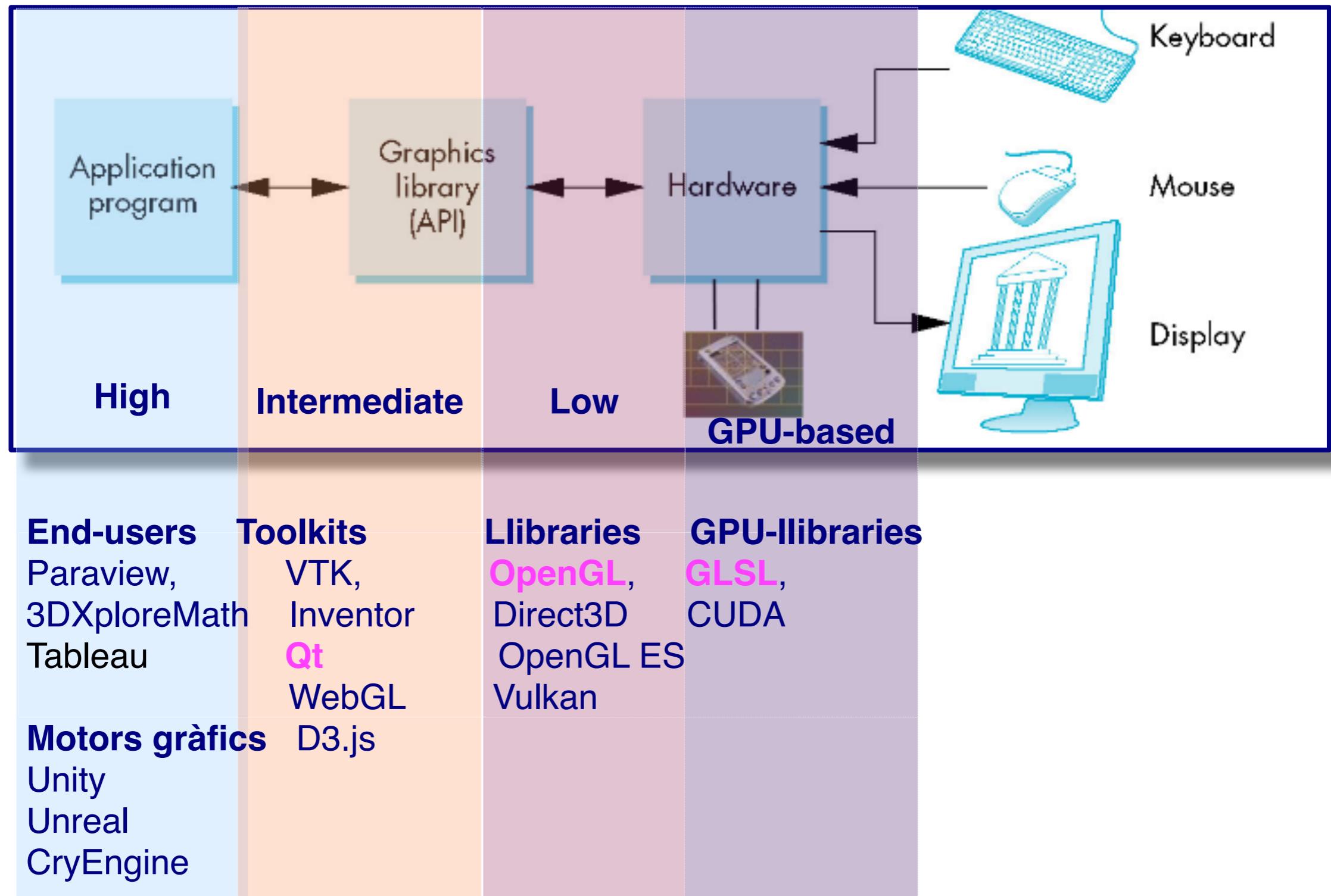


$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & dx \\ 0 & 1 & dy \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & 0 \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_x & 0 & 0 \\ 0 & s_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

4. Breus pinzellades Fase 6



1.3. Components software



5. Introducció a Raytracing

2.1. Introducció: algorisme principal

2.2. Càlcul de Raig Primari

2.3. Càlcul del color:

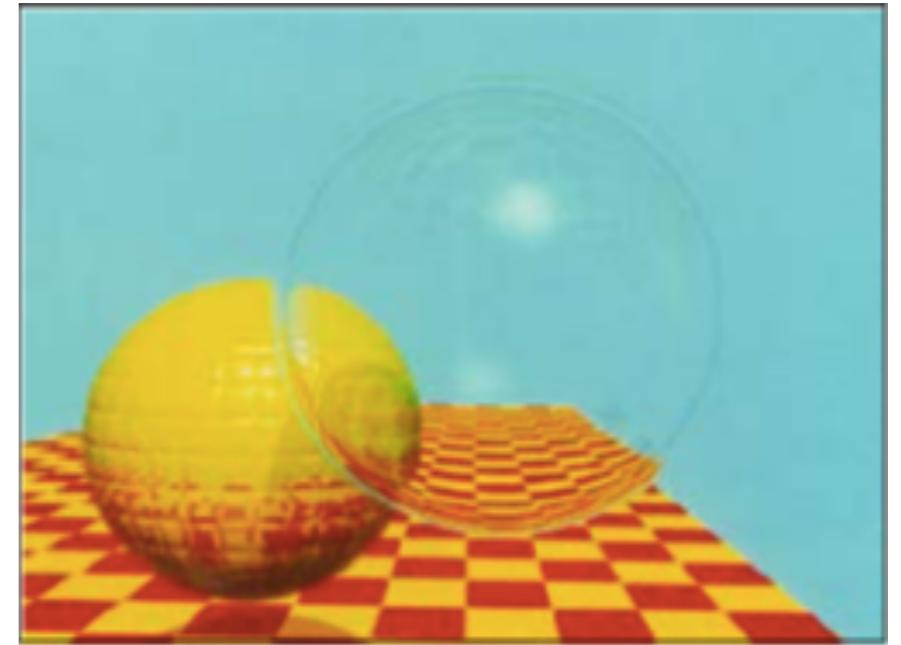
2.3.1. Interseccions amb objectes

2.3.2. Materials i Llums

2.4. Ombres

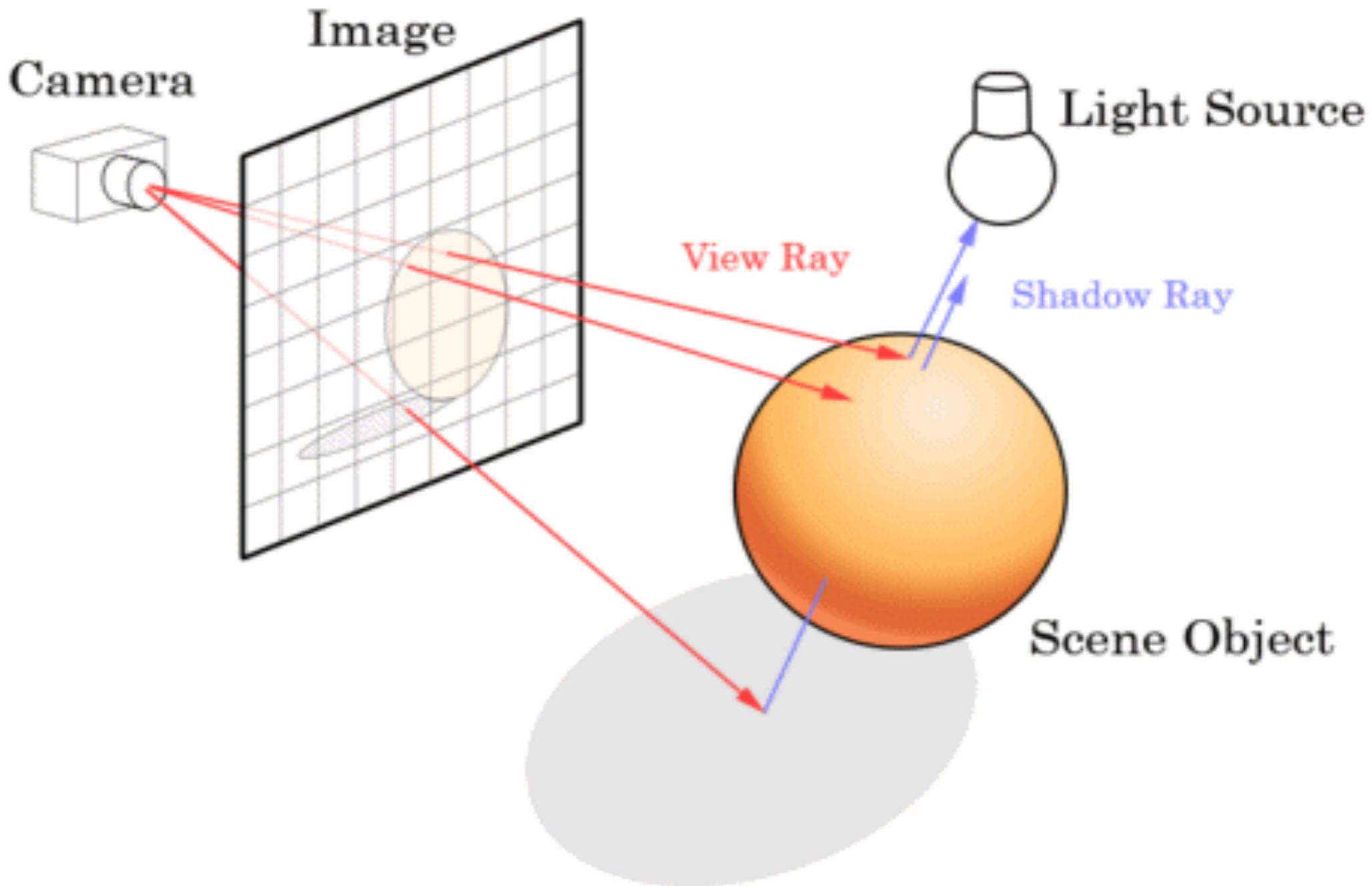
2.5. Reflexions i transparències

2.6. RayTracing en models de volum



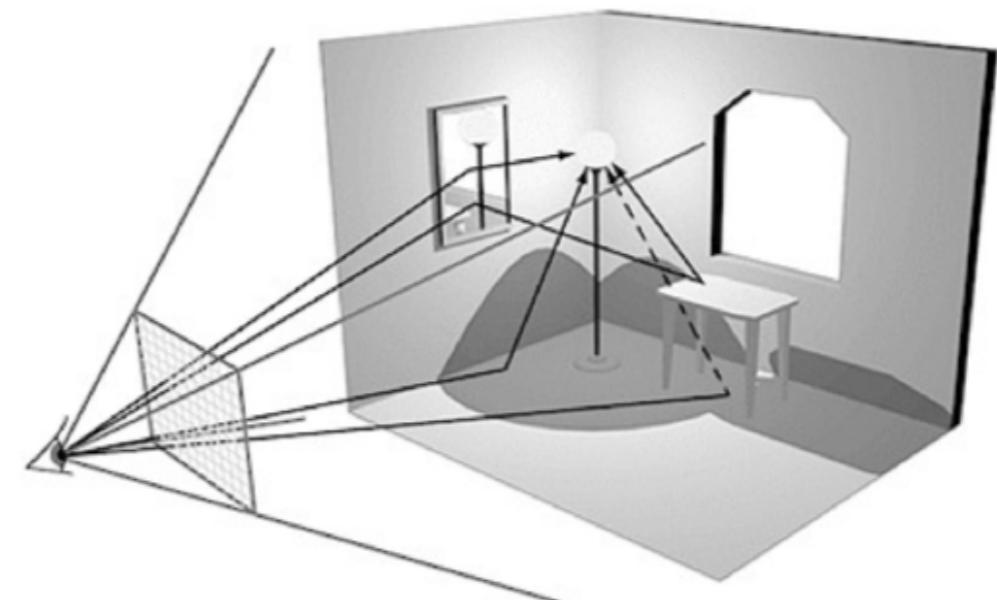
Whitted, 1980

2.1. Introducció



2.1. Introducció

Òptica geomètrica (la llum es considera ona i partícula)

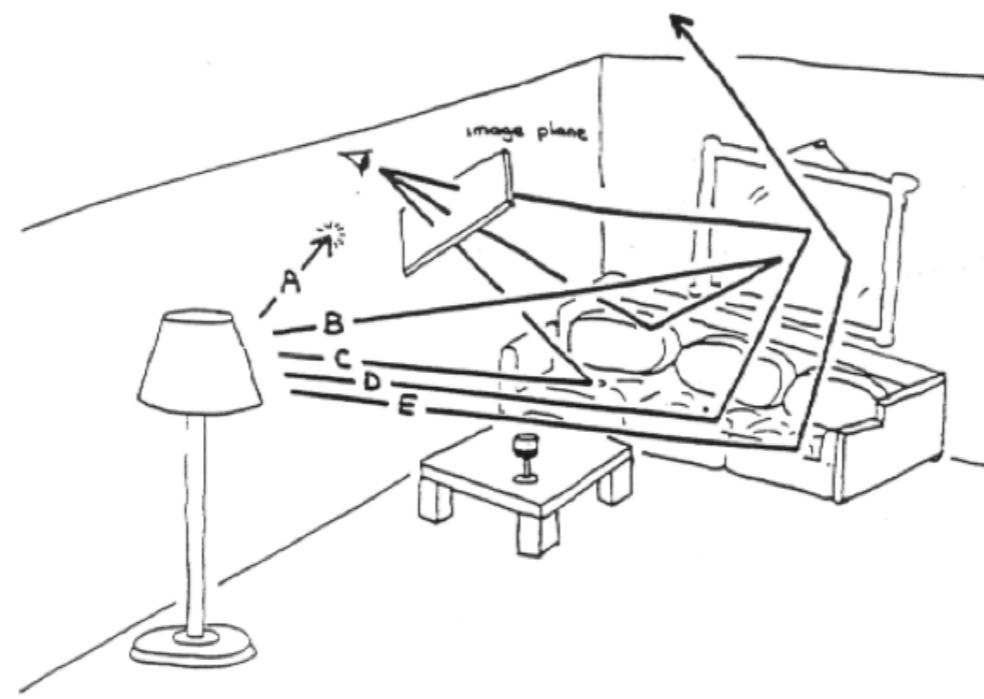


Algunes regles de l'òptica geomètrica:

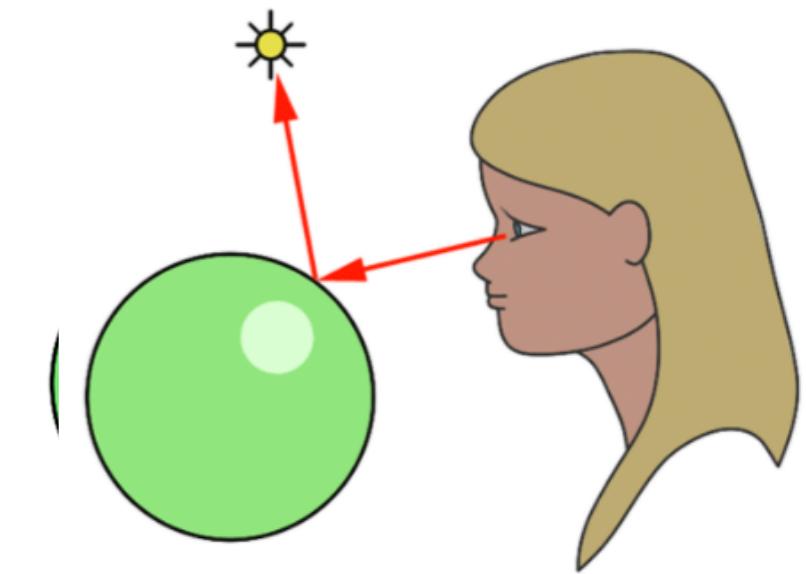
- La llum és un flux de fotons amb longitud d'ona que anomenarem **“rajos de llum”**
- Els rajos de llum viatgen en **trajectòries rectilínies**
- Els rajos de llum no interfereixen entre ells quan es creuen
- Els rajos de llum obeyeixen les **lleis de reflexió i refracció**
- Els rajos de llum viatgen des de les fonts de llum fins els objectes i la física és invariant en sentit invers (**principi de reciprocitat**)

2.1. Introducció

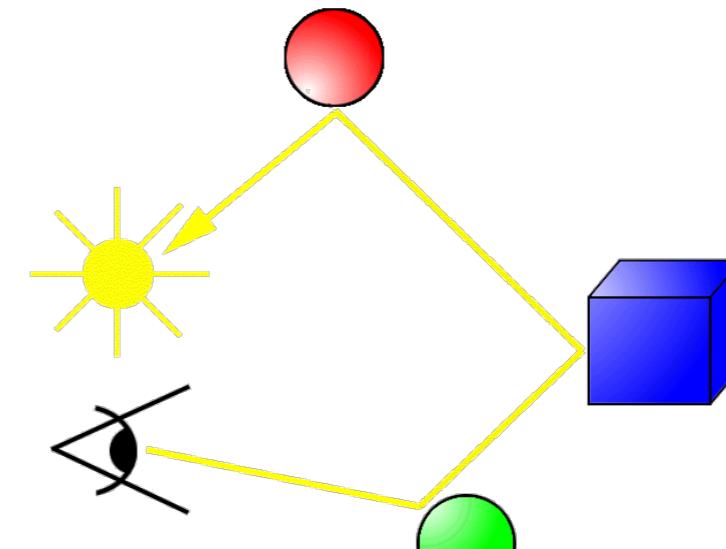
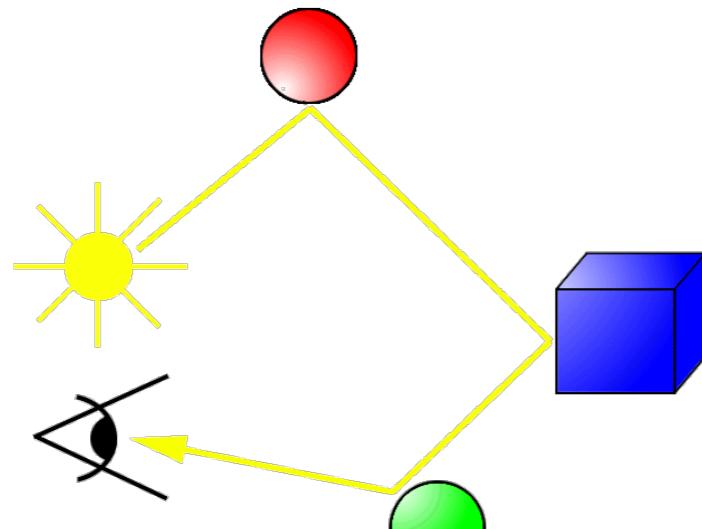
- **Problema a solucionar:** càcul dels fotons que impacten a la imatge.



Forward RayTracing (photon tracing)



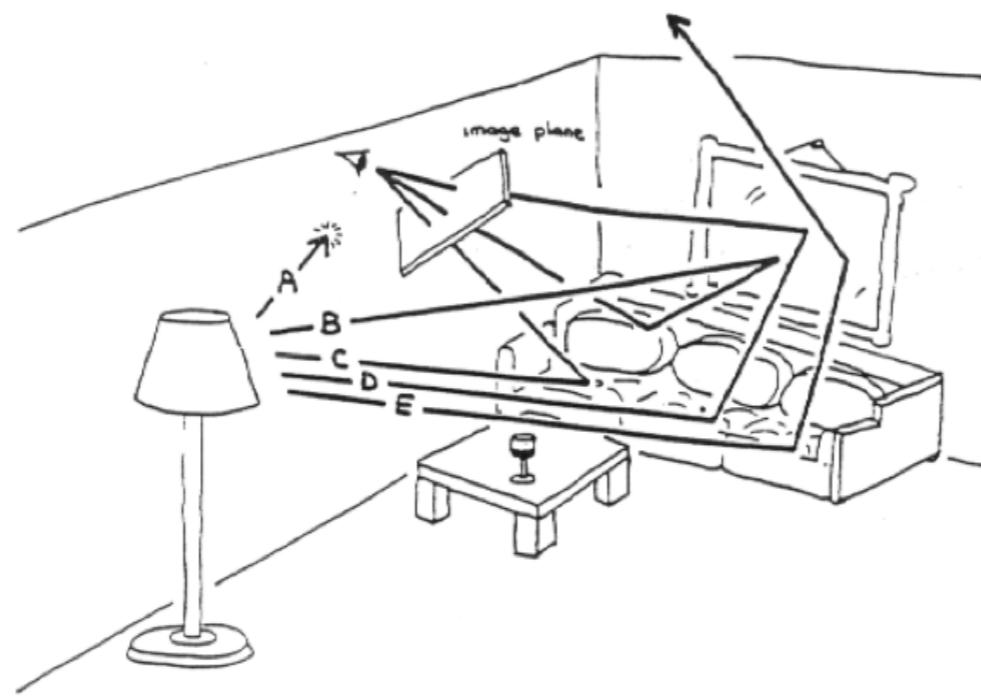
Backward RayTracing



<https://cs.stanford.edu/people/eroberts/courses/soco/projects/1997-98/ray-tracing/types.html>

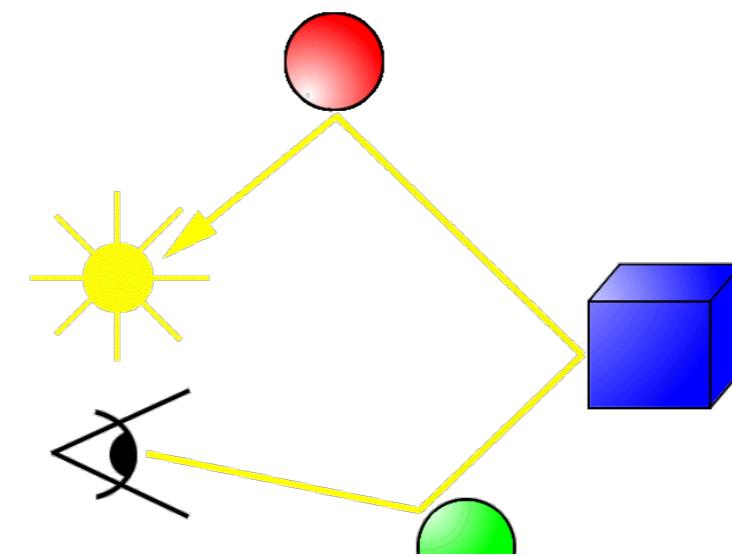
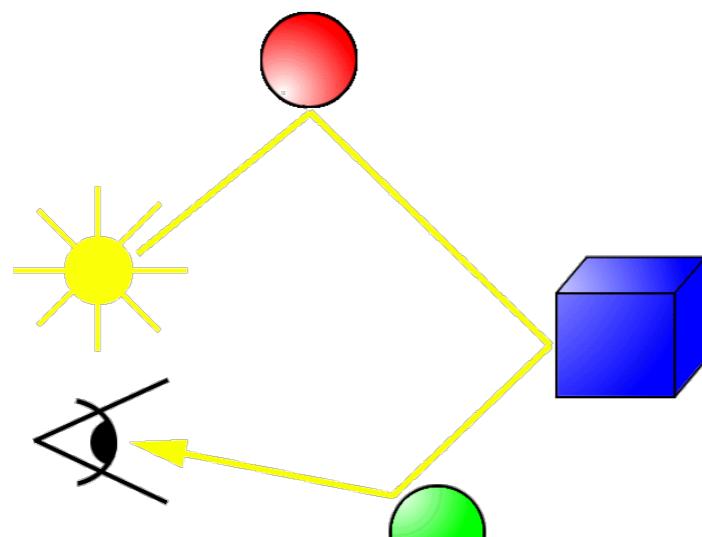
2.1. Introducció

- **Problema a solucionar:** càcul dels fotons que impacten a la imatge.



Forward RayTracing (photon tracing)

Backward RayTracing

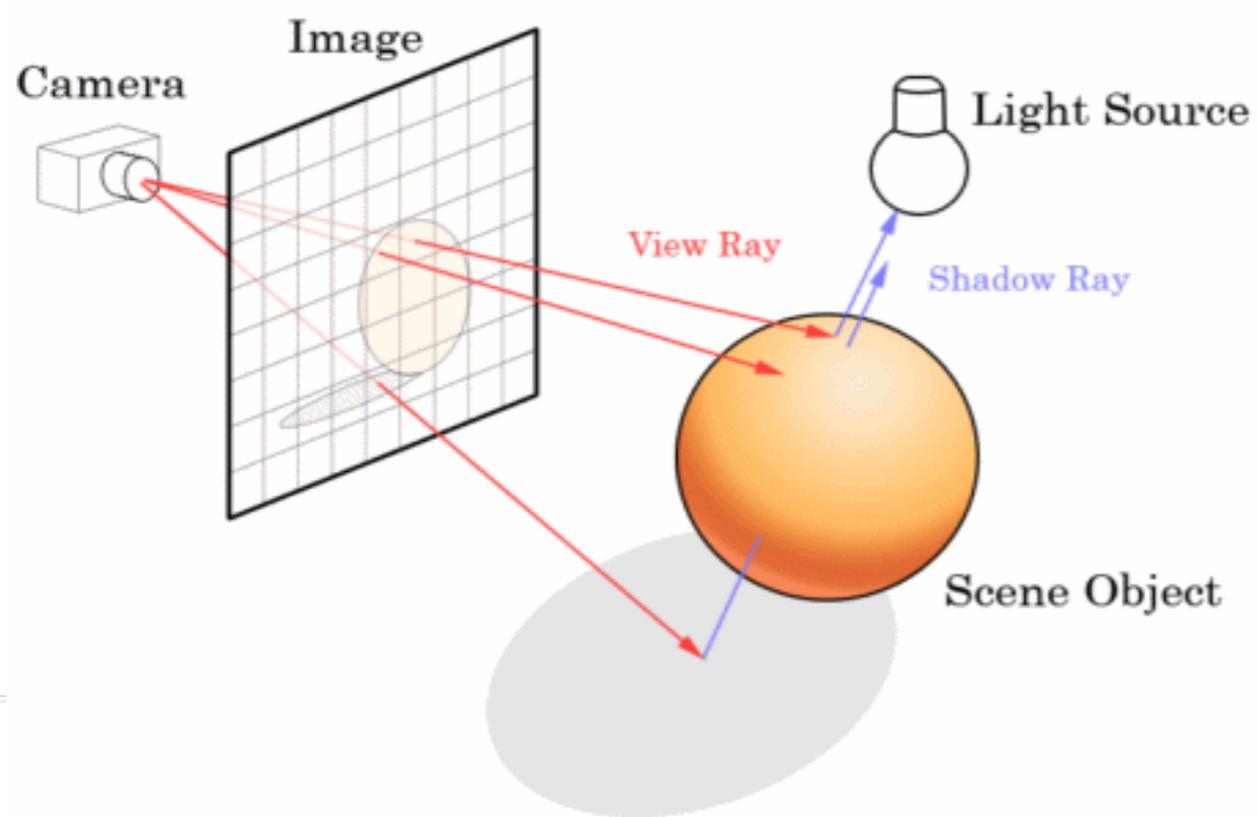
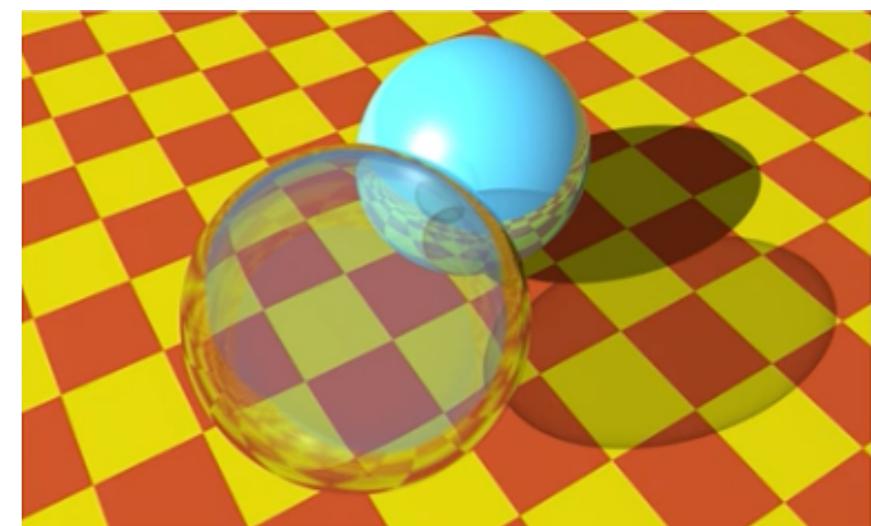


<https://cs.stanford.edu/people/eroberts/courses/soco/projects/1997-98/ray-tracing/types.html>

2.1. Introducció

Appel'68, Whitted'80, Heckbert'90, Veach'95

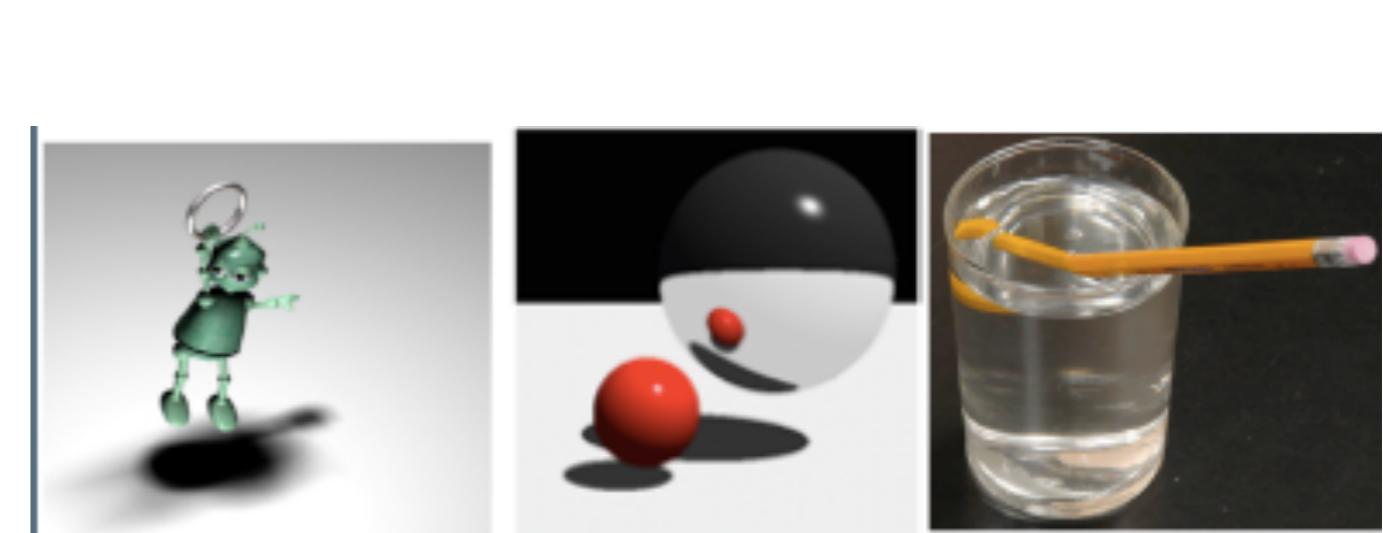
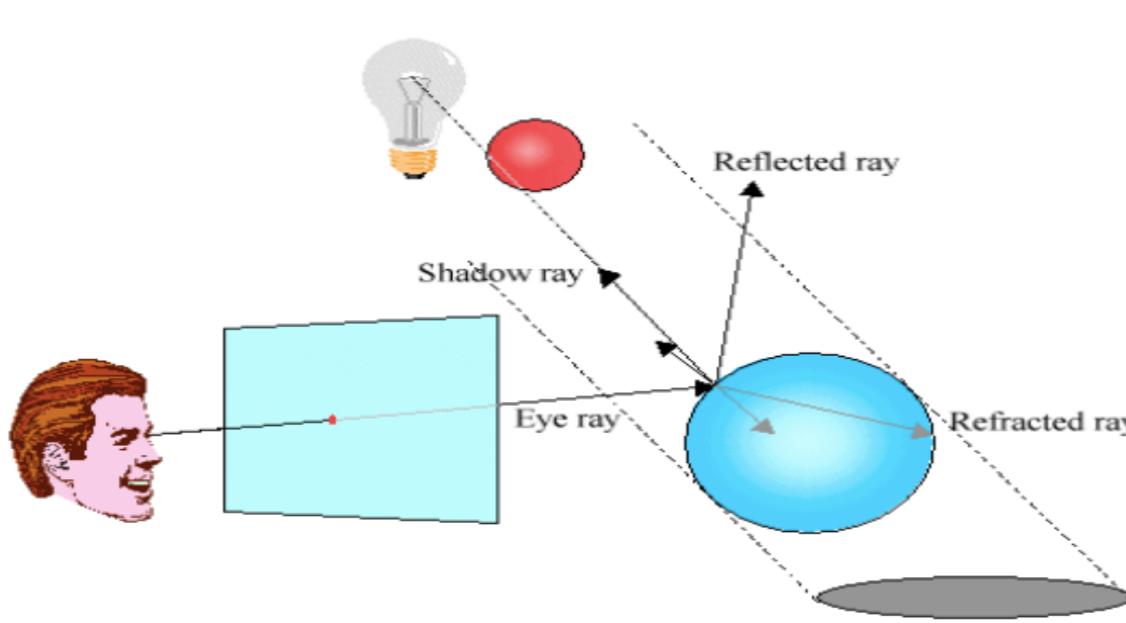
- **Backward raytracing:** Un dels mètodes més utilitzats en Gràfics per Computador per a visualitzar una imatge
- Alternativa al z-buffer
- Adient per a simular reflexions especulars, produirombres, transparències, etc.
- Usat amb altres tècniques d'il·luminació global.



2.1. Introducció

Algorisme recursiu: (RayPixel)

1. **Rajos primaris (eye ray):** des de l'observador a l'escena
2. **Rajos d'ombra (shadow ray):** des del punt de l'objecte a les llums
3. **Rajos secundaris:**
 - 3.1. **Rajos de reflexió (reflected ray):** des del punt de l'objecte en direcció de mirall
 - 3.2. **Rajos de transparència (refracted ray):** des del punt de l'objecte en direcció de refracció



2.1. Introducció

- **Raycast()** // generar una imatge per cada pixel x,y
 - r = **camera->getRay(x, y)**
 - color(pixel) = **RayPixel(ray)**
- **RayPixel(ray)** // llançar un raig, retorna RGB
 - hitInfo= **hit(ray)** // hit(ray, tmin, tmax, hitinfo)
 - si object_point retorna **Shade(hitInfo, ray)**
 - sino retorna Background_Color // o Intensitat ambient global
- **hit(ray)**
 - per cada objecte o en l'escena
 - o->**hit(ray, surface)** //hit(ray, tmin, tmax, hitinfo)
 - retorna el punt més proper a l'observador (+normal, +material)
- **Shade(hitInfo, ray)** // retorna la il·luminació en el point
 - retorna color

Crédits

Eric Haines, NVIDIA's expert,

<https://news.developer.nvidia.com/ray-tracing-essentials-part-1-basics-of-ray-tracing/>

RayTracing Gems,

<https://www.realtimerendering.com/raytracinggems/>

Vídeo Star Wars:

<https://www.youtube.com/watch?v=1do53NjBrTw>