

# Gràfics i Visualització de Dades

## T2e: RayTracing

Anna Puig

# Índex

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

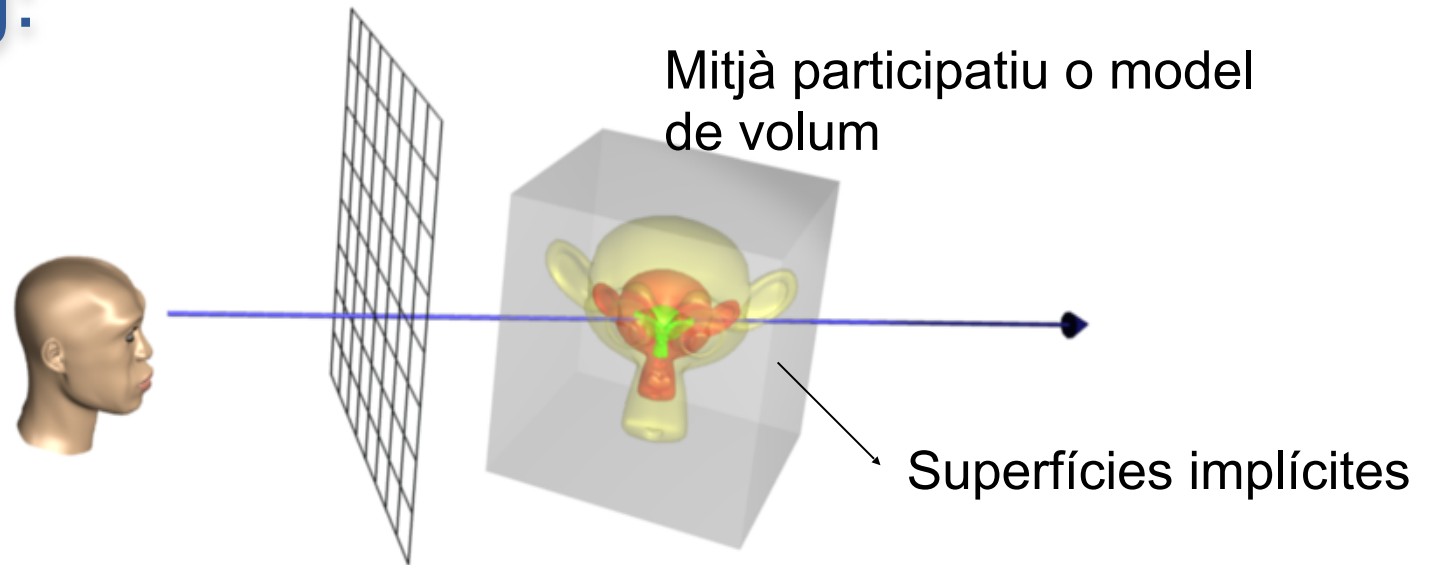
2.4. Ombres

2.5. Reflexions i transparències

2.6. **RayTracing avançat i Raymarching**

# 2.6. Raymarching

## Raymarching:



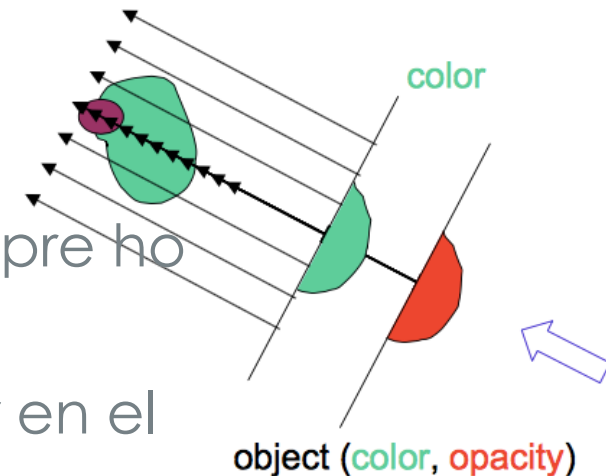
- Similar al raytracing de models superficials:
  - No té per què existir un model poligonal entremig. El model de volum es visualitza directament.
  - Sovint només es tenen en compte els rajos primaris (**raycasting**)
  - Es pot recórrer el raig des de l'observador cap al fons de l'escena (**Front-to-Back**) o des del fons fins l'observador (**Back-to-Front**)

# 2.6. Raymarching

## Raytracing de volum (ray-marching):

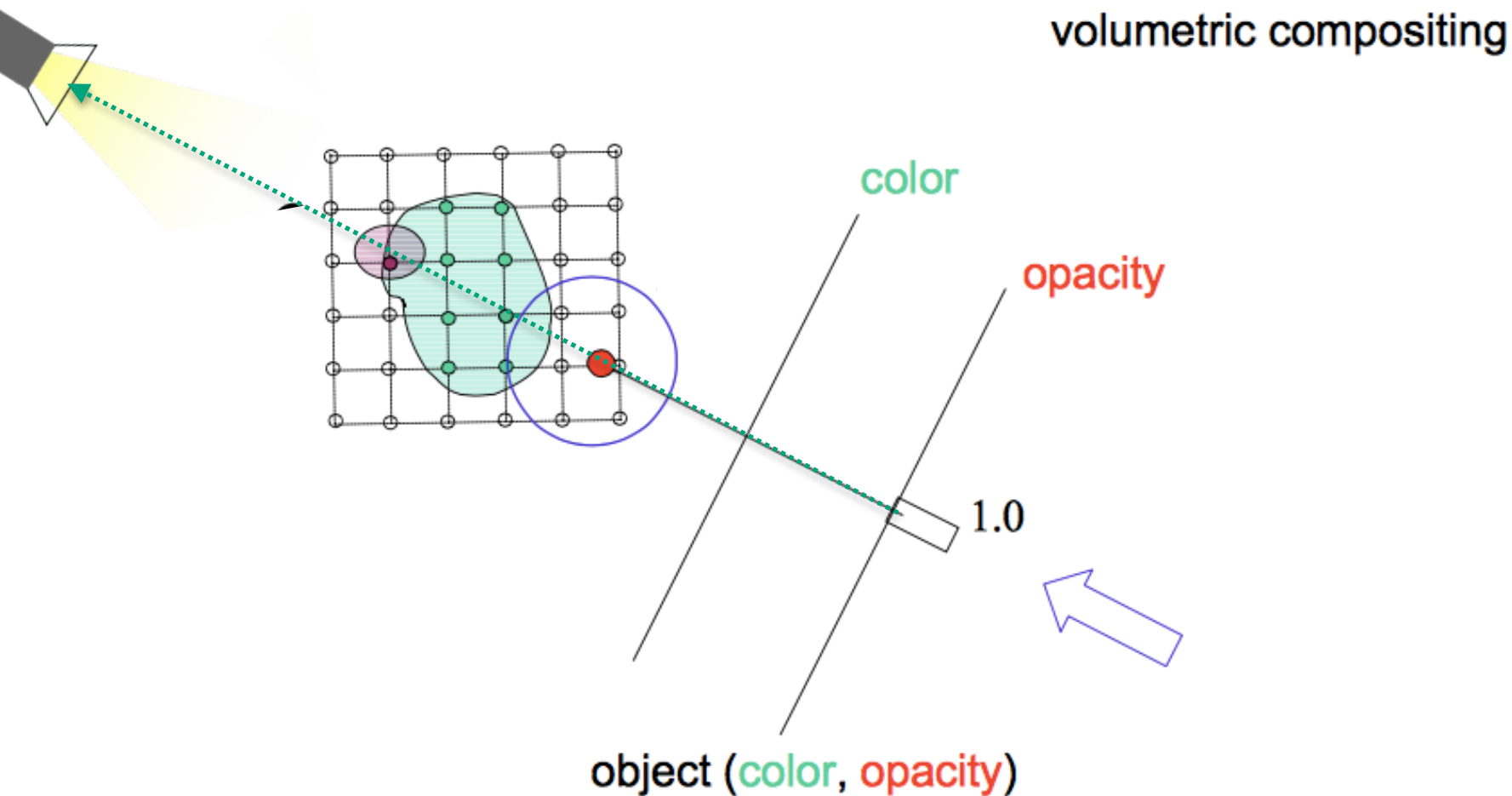
El color de cada píxel de la imatge final és la intensitat acumulada en la direcció de l'observador

- Es mostreja el raig a certs intervals
- Els intervals de mostreig normalment són equidistants ( $t$  constant), encara que no sempre ho són (*importance sampling*)
- A cada punt de mostreig, s'interpolava el valor en el model i es fa el seu **Shading**
- Es componen els valors d'un raig acumulant color i opacitat: **Composició**
- A partir de cada valor interpolat, es calcula l'emissió (color) i l'absorció (opacitat): **Classificació**



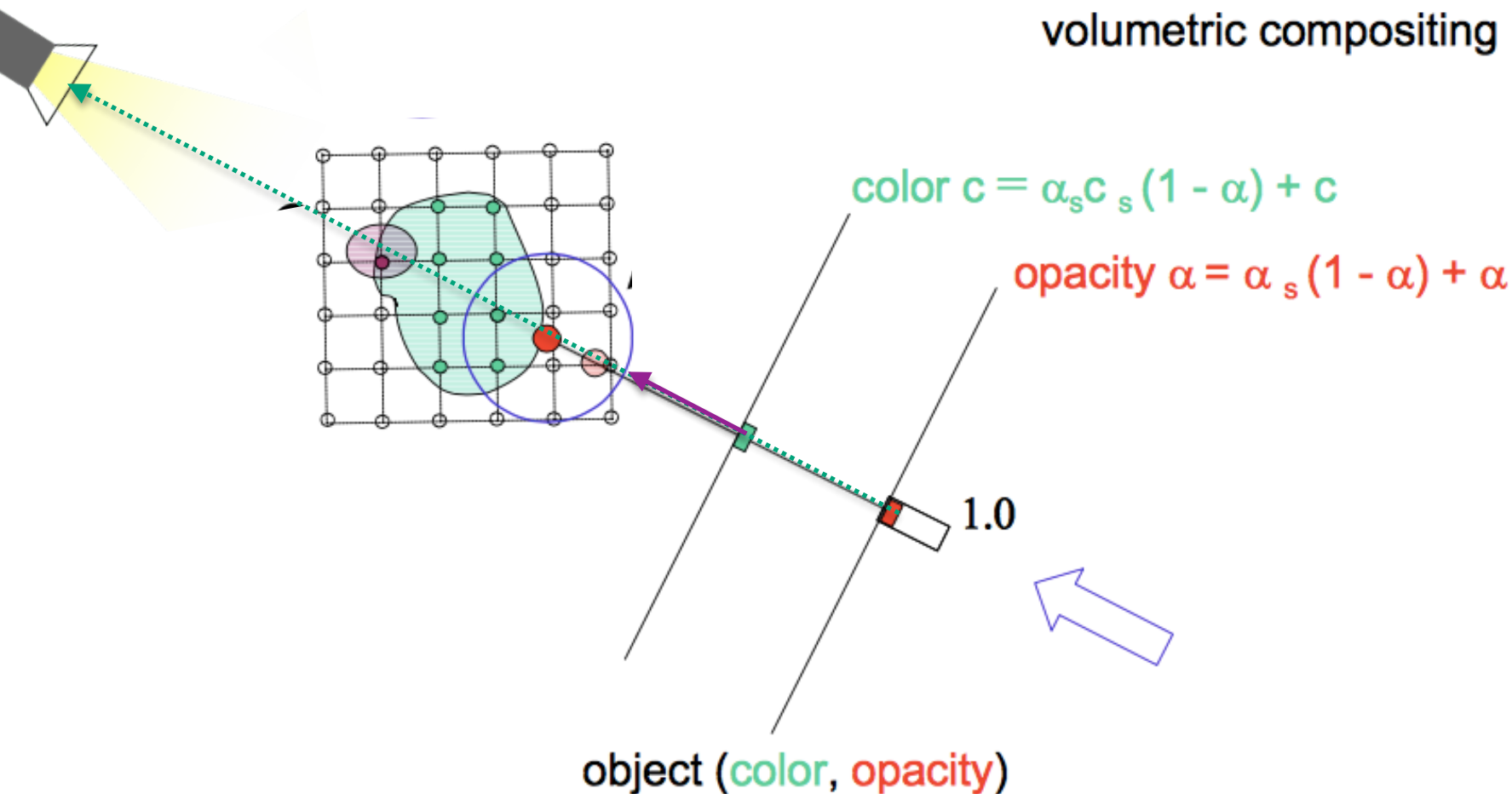
# 2.6. RayMarching

## Composició del raig (Front-to-Back)



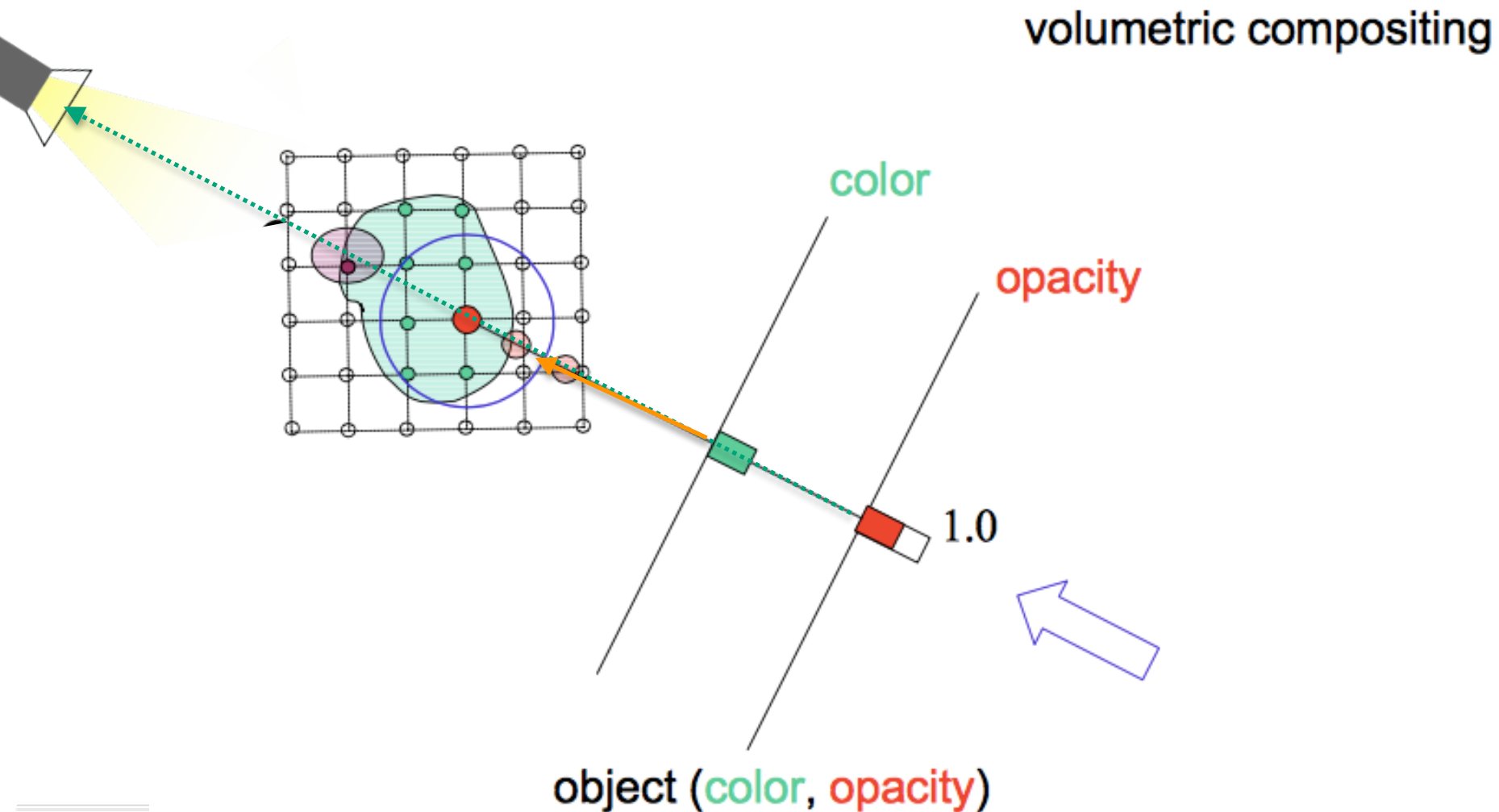
# 2.6. Raymarching

## Composició del raig (Front-to-Back)



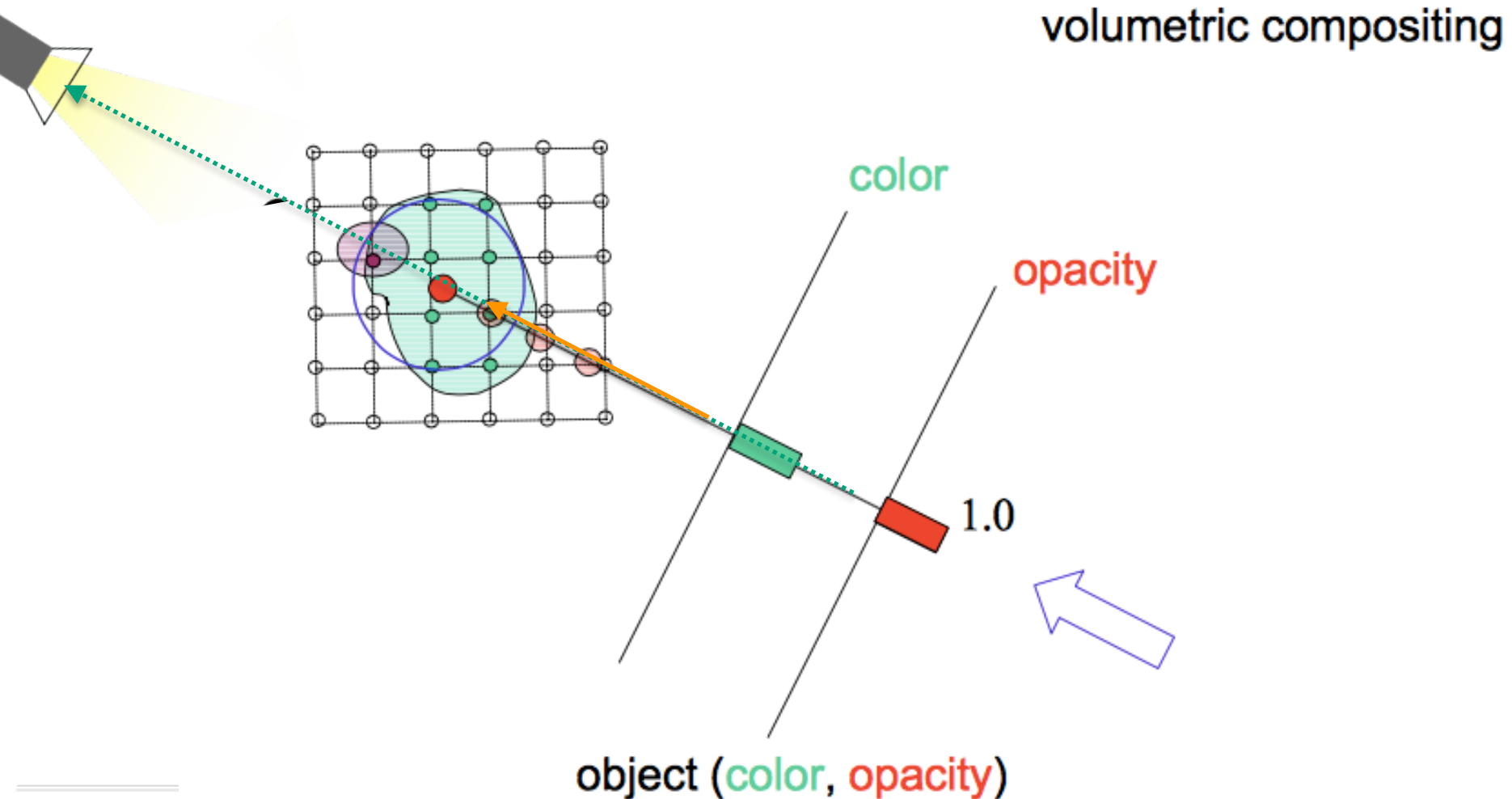
# 2.6. Raymarching

## Composició del raig (Front-to-Back)



# 2.6. Raymarching

## Composició del raig (Front-to-Back)





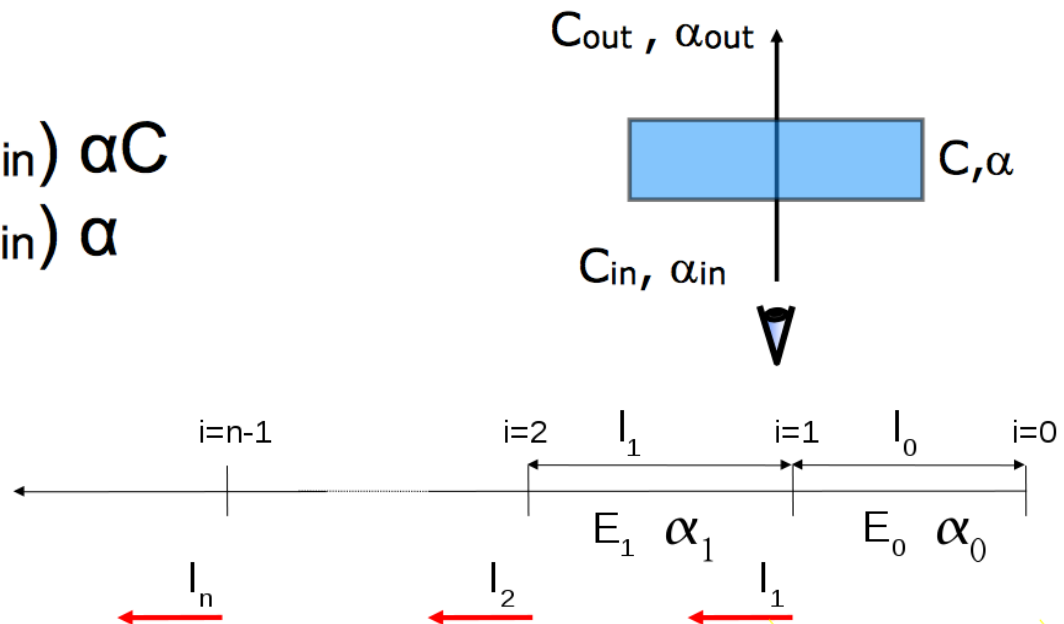
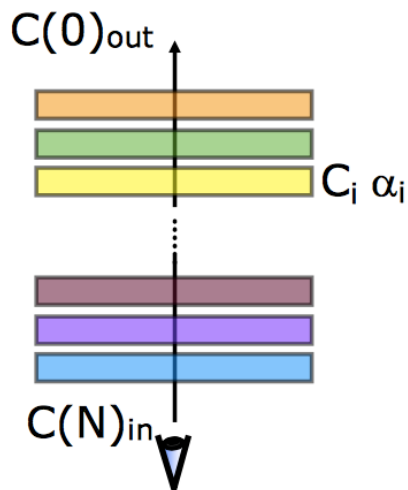
# 2.6. Raymarching

## Emissió + absorció: (Front-To-Back)

- 1) Es discretitza el raig en intervals en els que s'assumeix que l'emissió i l'absorció són constants
- 2) Es considera atenuació lineal

$$C_{out} = C_{in} + (1 - \alpha_{in}) \alpha C$$

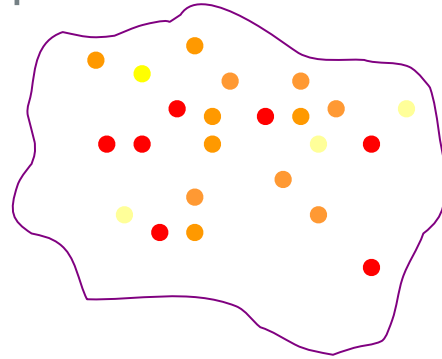
$$\alpha_{out} = \alpha_{in} + (1 - \alpha_{in}) \alpha$$



$$I_n = \sum_{i=0}^{n-1} E_i \alpha_i l_i \prod_{j=0}^{i-1} (1 - \alpha_j l_j)$$

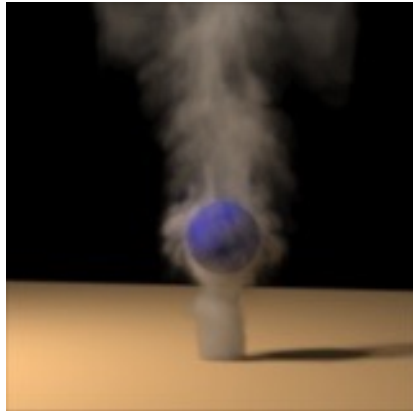
# 2.6. Raymarching

**Models de volum:** punts  
i valors a cada punt

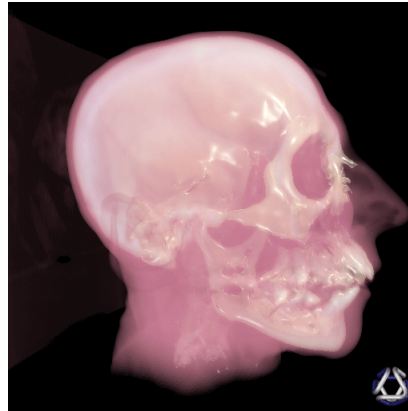


Com es distribueixen els punts?  
Representació de dades distribuïdes  
en una malla 3D estructurada o no,  
interiors a una regió 3D tancada o  
no.

Quins valors es mostregen a cada  
punt? Valors, vectors , dades  
temporals



Visualització realista  
(**Mitjants participatius**)

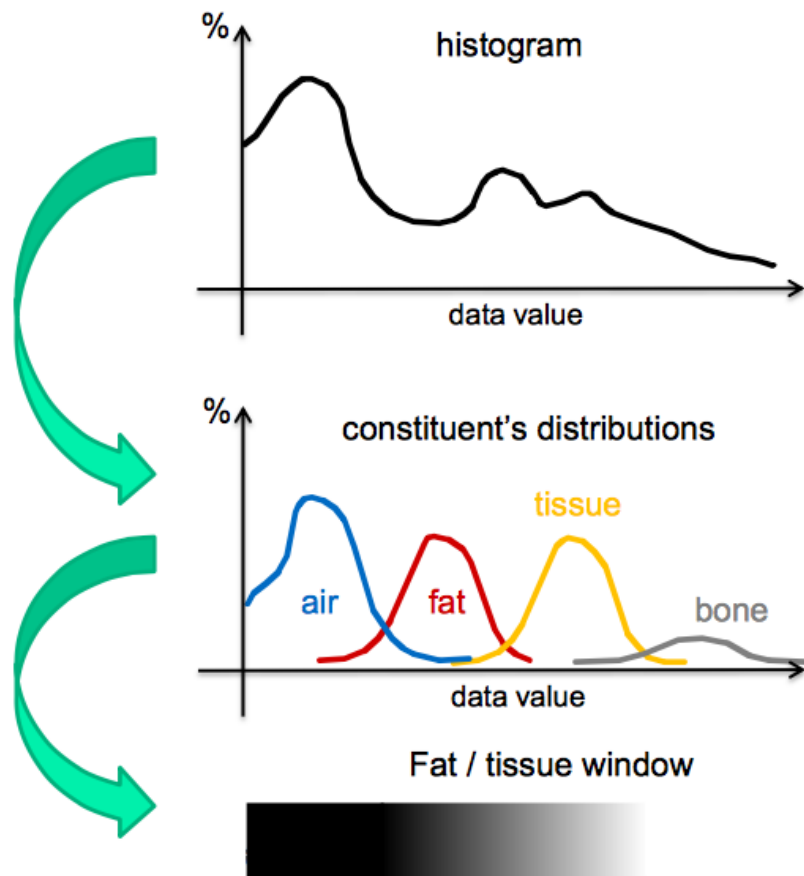


Visualització de volum  
(**Volume rendering**)

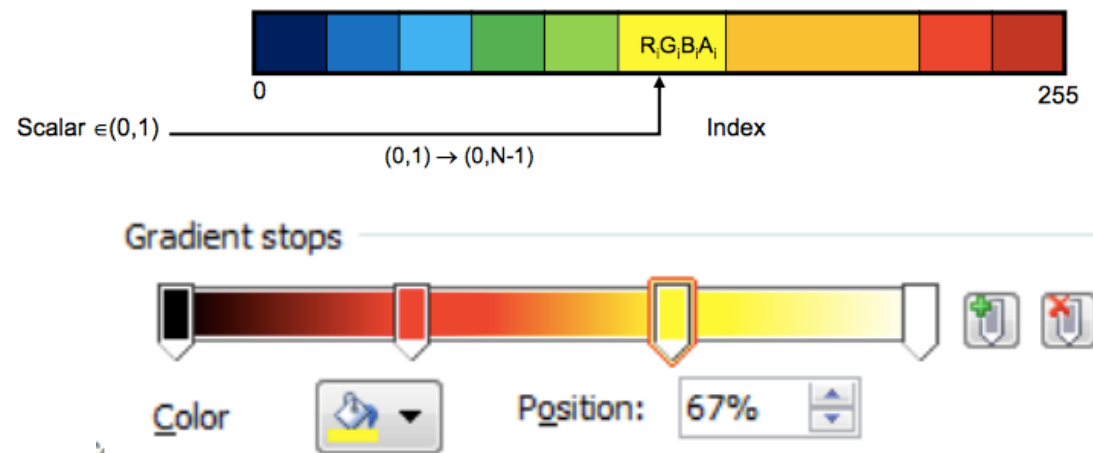
# 2.6. Raymarching

## Classificació de volum

- Funció que a partir dels valors s'obtenen els valors de color (R, G, B) i opacitat (alfa)



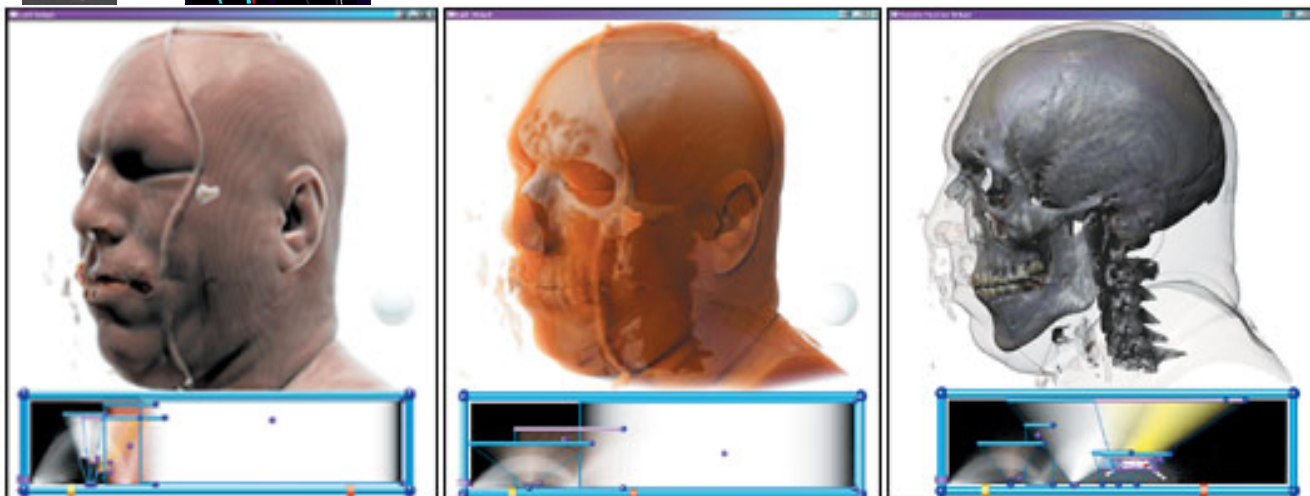
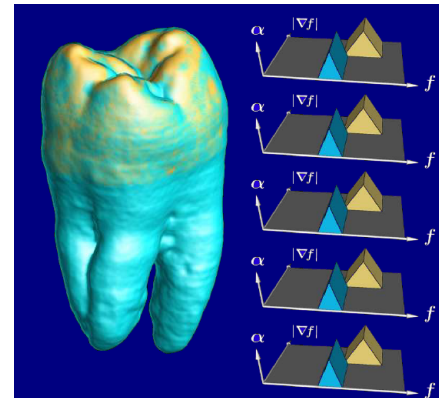
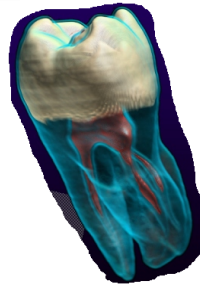
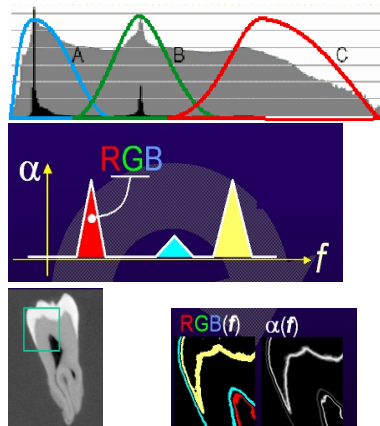
### Funció de transferència (Transfer function):



# 2.6. Raymarching

## Classificació de volum

- L'opacitat i el color (emissió) a cada valor es calcula amb una funció de **classificació (Transfer Functions)**

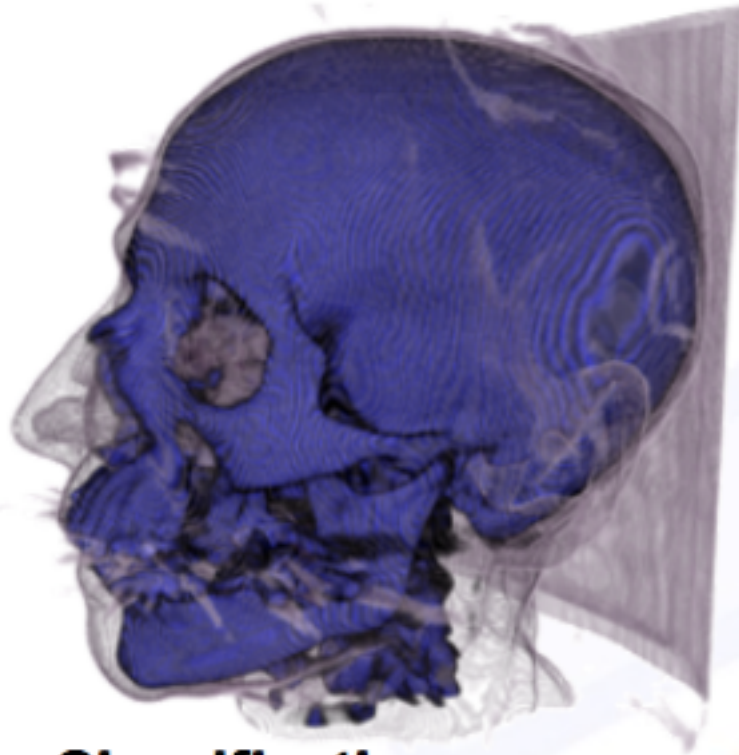


<http://www.cgw.com/images/Media/PublicationsArticle/81977.jpg>

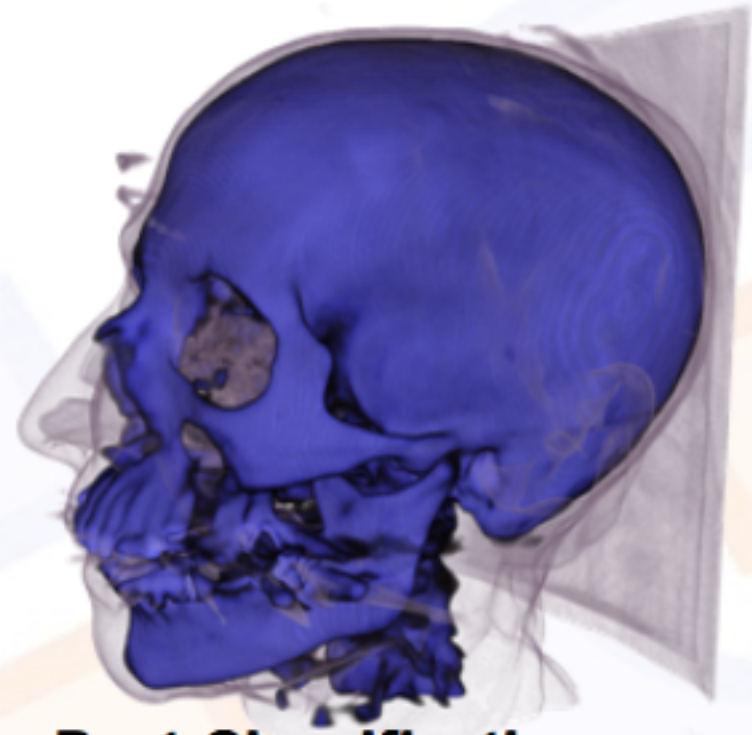
# 2.6. Raymarching

## Quan es fa la classificació?

- Pre-Classificació (en els valors del món de vòxels)
- Post-Classificació (en el valor mostrejat al raig)



**Pre-Classification**




**Post-Classification**




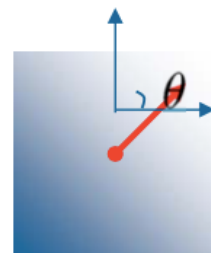
# 2.6. Raymarching

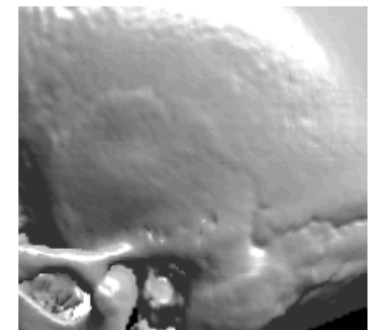
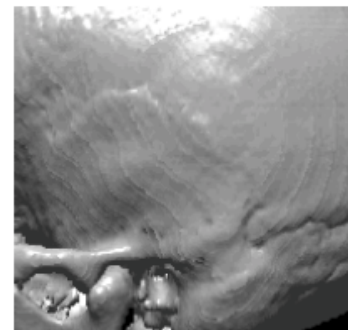
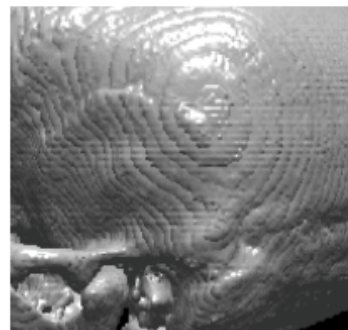
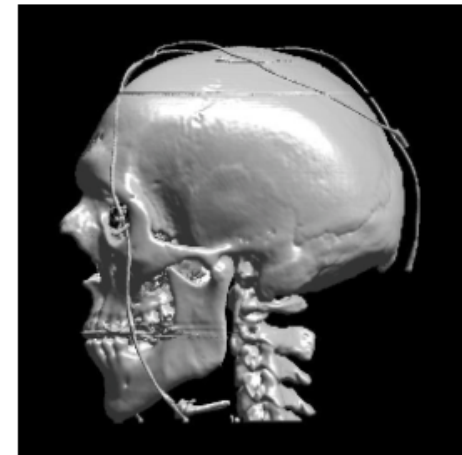
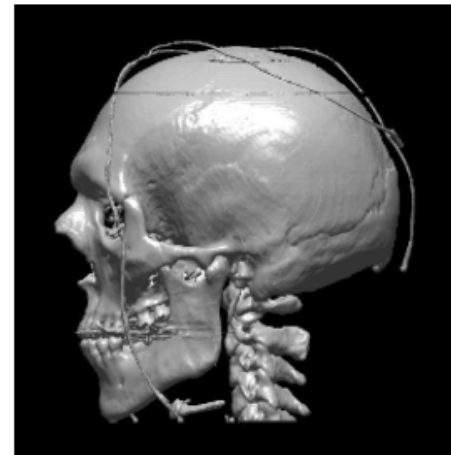
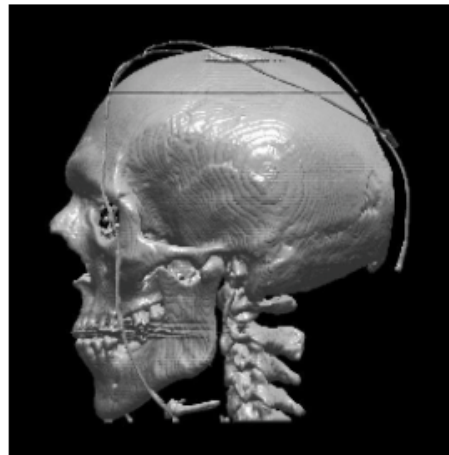
## Com es calcula la normal a cada valor?

- Càlcul del **gradient** del valor en un veïnatge del valor mostrejat


$$\nabla f = \left[ \frac{\partial f}{\partial x}, 0 \right]$$


$$\nabla f = \left[ 0, \frac{\partial f}{\partial y} \right]$$


$$\nabla f = \left[ \frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y} \right]$$



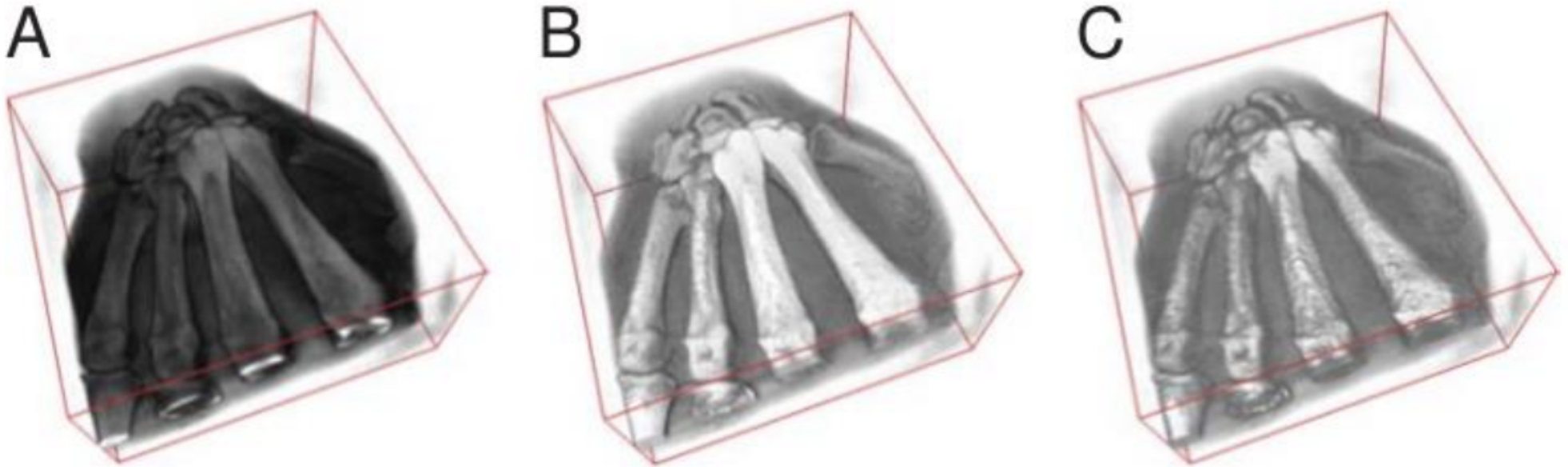
Forward/Backward differences

Central differences

Sobel operator

# 2.6. Raymarching

Shading de volum:



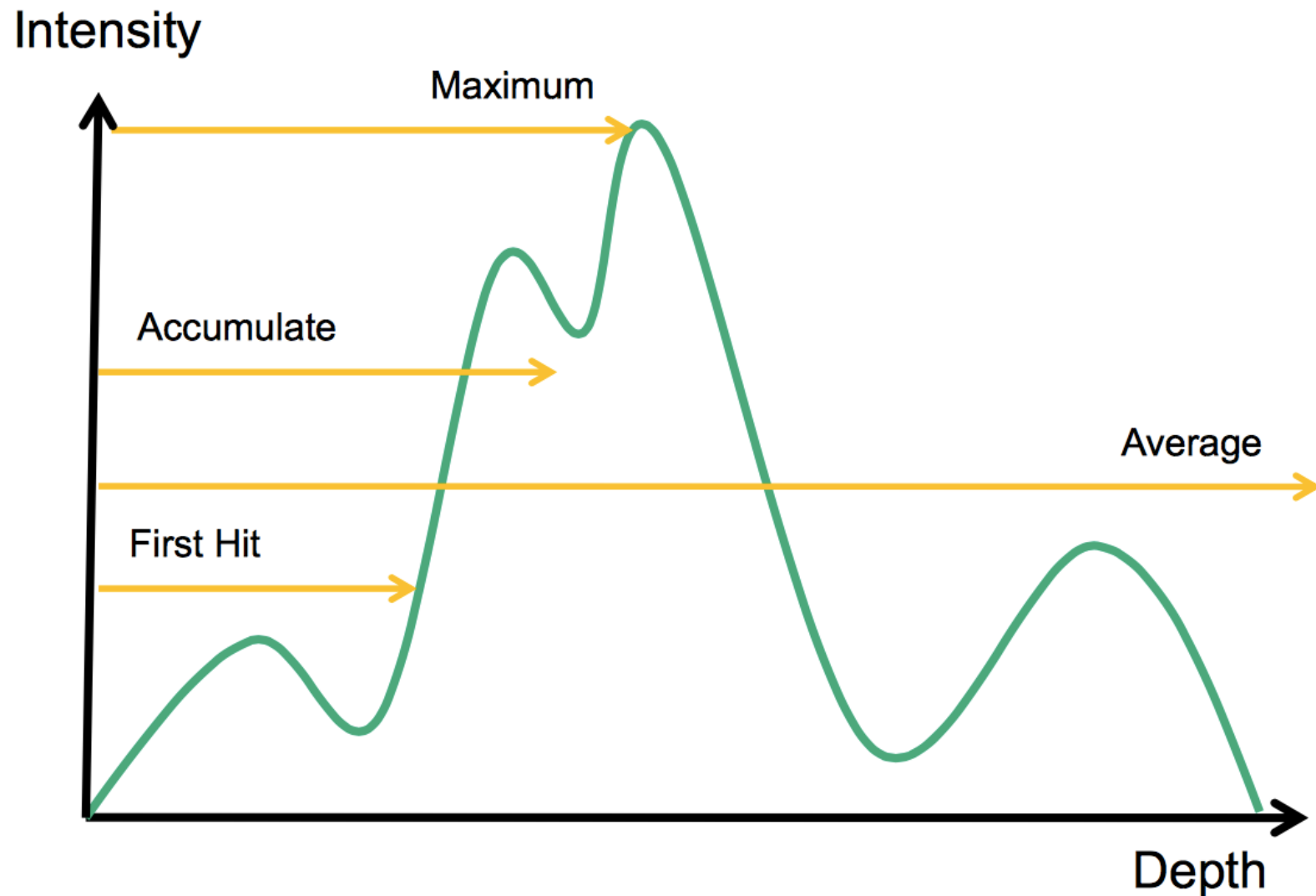
A: Emissió + absorció

B: Emissió + absorció + component difusa (Lambert)

C: Emissió + absorció + component difusa + component especular  
(amb Blinn-Phong)

# 2.6. Raymarching

Altres tipus de composició en el raig:

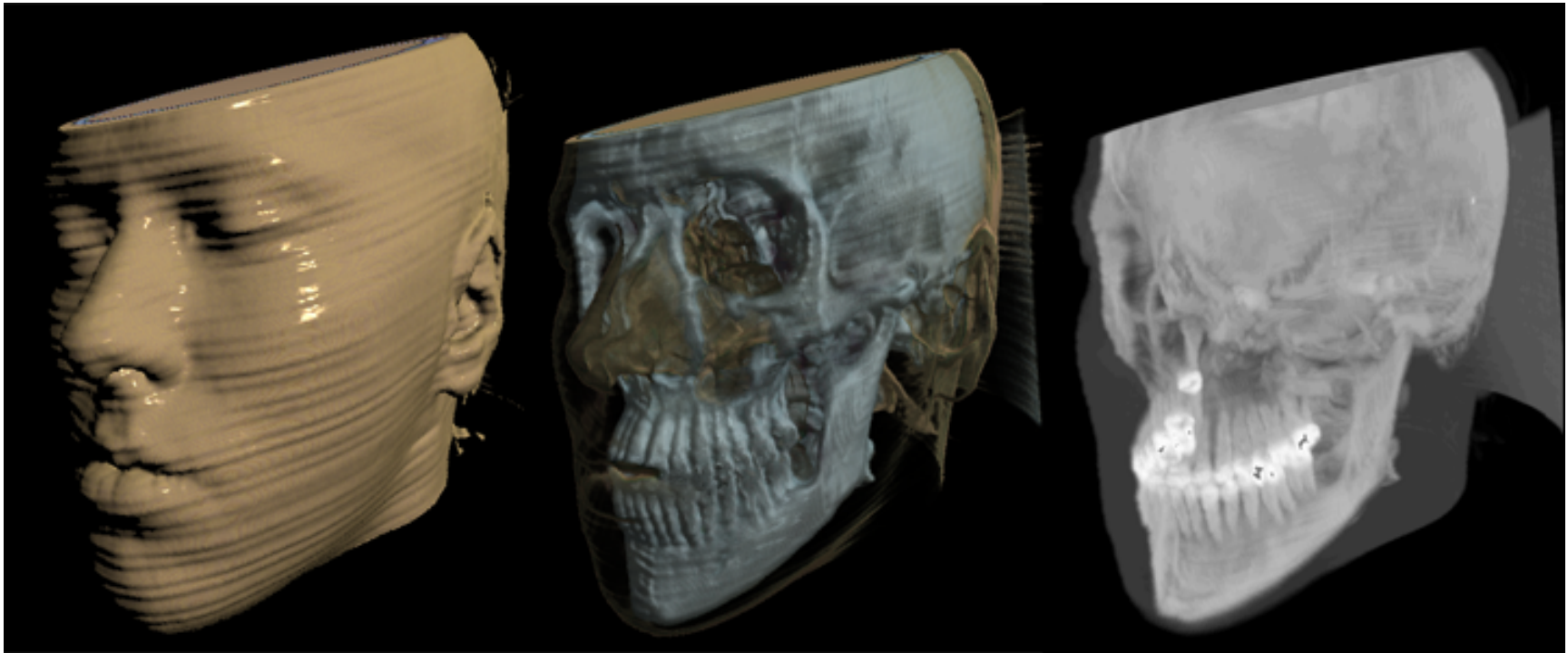




# 2.6. Raymarching

## Tipus de composició en el raig:

- Es para a la primera intersecció
- Composició
- Es pinta el màxim valor trobat en el raig



[https://www.cg.tuwien.ac.at/courses/Visualisierung/2010-2011/Beispiel1/Moellinger\\_Ludwig/index.html](https://www.cg.tuwien.ac.at/courses/Visualisierung/2010-2011/Beispiel1/Moellinger_Ludwig/index.html)

# 2.6. Raymarching

## Optimitzacions

- **Early-Ray Termination**
  - La composició del raig finalitza quan s'arriba a opacitat 1
  - FTB-compositing
- **Space leaping**
  - saltar espais buits de cop
  - aproximar regions homogènies amb pocs valors

