

PROGRAMA DE POSTGRAU REALITAT VIRTUAL

Fundamentos de visión estereoscópica

**Carlos Andújar
(UPC)**

Octubre 2002

Contexto de la sesión

Módulo 2. Dispositivos y plataformas hardware.

- 2.1 Posicionadores, guantes y otros dispositivos de entrada
- 2.2 Dispositivos efectores. Dispositivos de visualización
- 2.3 Funcionamiento de los equipos del CRV (19 nov)
- 2.4 Fundamentos de visión estereoscópica. ←
- 2.5 Proceso de generación de imágenes estereoscópicas
- ...

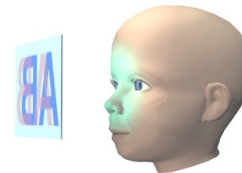
Motivación

- De las diversas estrategias del sistema visual para obtener información de *profundidad*, la estereoscopia es la más importante.
- La estereoscopia es *imprescindible en realidad virtual*. Sin ella, las imágenes se ven planas, y los objetos no parecen tener existencia física.
- Dotar a un sistema de visión estereoscópica tiene muchas *implicaciones en el software y en el hardware*.
- Para conseguir un buen efecto estereoscópico es necesario conocer la *percepción del ojo humano*.



Contenidos

1. Percepción de la profundidad.
2. Anatomía del ojo
3. Modelo de cámara monocular
4. Modelo de cámara binocular



Objetivos

El estudiante deberá ser capaz de:

- Describir las estrategias del sistema visual humano que nos permiten inferir la profundidad de los objetos.
- Explicar el funcionamiento de la percepción estereoscópica.
- Describir un modelo adecuado para representar un observador binocular.

Metodología y organización

Metodología:

- Exposición teórica con participación de los estudiantes.
- Discusión y trabajo en grupo.

Temporalización:

- Primera parte: temas 1 y 2
- Segunda parte: temas 3 y 4

Contenidos

1. Percepción de la profundidad
2. Anatomía del ojo
3. Modelo de cámara monocular
4. Modelo de cámara binocular

1. Percepción de la profundidad

- Problema:
 - Vivimos en un mundo *tridimensional*, pero...
 - Nuestra percepción del mundo se basa en las imágenes *planas* que se proyectan en nuestras retinas.

→ Pérdida de información de profundidad.
Profundidad = distancia de los objetos al observador.
- Solución: indicaciones de profundidad (*depth cues*)



Indicaciones de profundidad

- Qué son: elementos de las imágenes que vemos que permiten al sistema visual obtener información de profundidad de los objetos.
- Imprescindible conocerlas, para no negar el efecto estereoscópico.
- Tipos de profundidad:
 - Absoluta
 - Relativa
 - Forma y textura
- Clasificación
 - Monoculares
 - Estáticas
 - Dinámicas
 - Binoculares: estereoscopia



2.4 Fundamentos de visión estereoscópica.

9

Depth queues monoculares

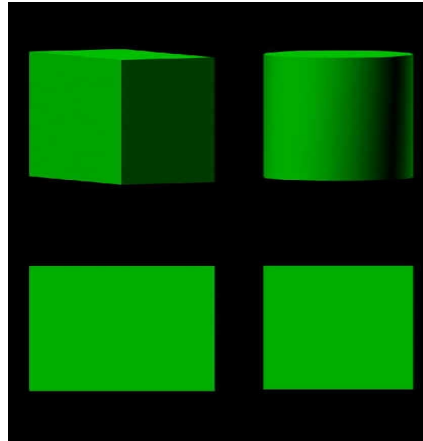
- Iluminación
- Sombras
- Tamaño
- Interposición
- Gradiente textura
- Perspectiva aérea
- Perspectiva lineal
- *Motion parallax*

2.4 Fundamentos de visión estereoscópica.

10

Depth queues monoculares

- **Iluminación**
- Sombras
- Tamaño
- Interposición
- Gradiente textura
- Perspectiva aérea
- Perspectiva lineal
- *Motion parallax*

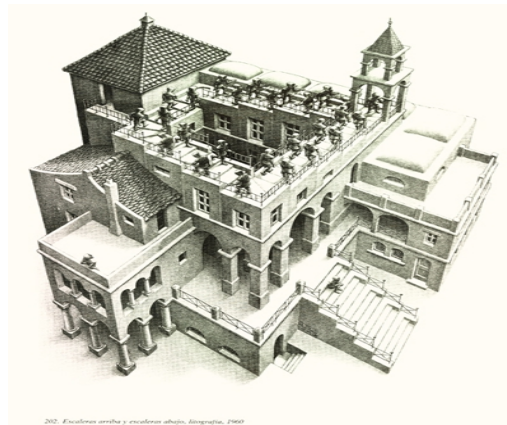


2.4 Fundamentos de visión estereoscópica.

11

Depth queues monoculares

- **Iluminación**
- Sombras
- Tamaño
- Interposición
- Gradiente textura
- Perspectiva aérea
- Perspectiva lineal
- *Motion parallax*

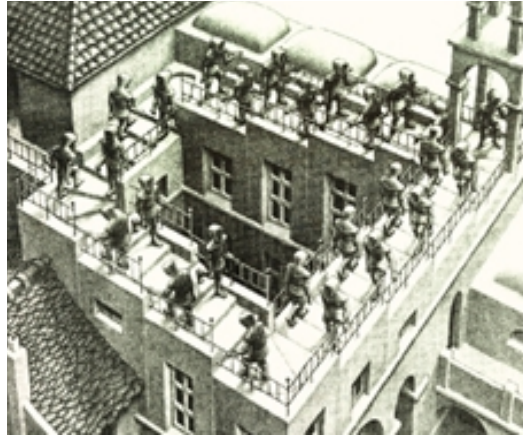


2.4 Fundamentos de visión estereoscópica.

12

Depth queues monoculares

- **Iluminación**
- Sombras
- Tamaño
- Interposición
- Gradiente textura
- Perspectiva aérea
- Perspectiva lineal
- *Motion parallax*

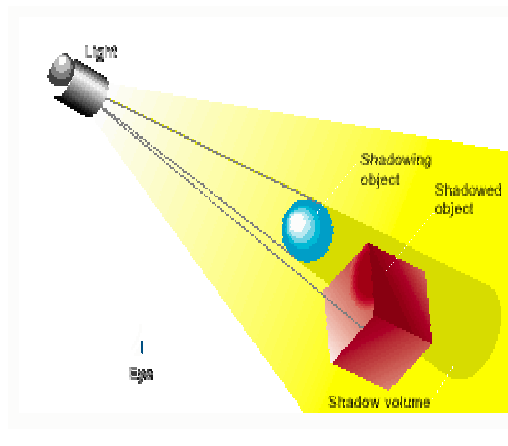


2.4 Fundamentos de visión estereoscópica.

13

Depth queues monoculares

- Iluminación
- **Sombras**
- Tamaño
- Interposición
- Gradiente textura
- Perspectiva aérea
- Perspectiva lineal
- *Motion parallax*

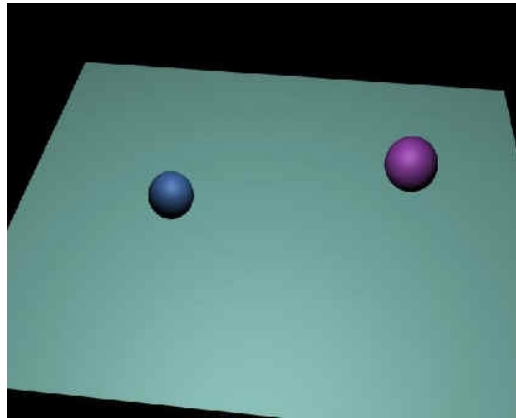


2.4 Fundamentos de visión estereoscópica.

14

Depth queues monoculares

- Iluminación
- **Sombras**
- Tamaño
- Interposición
- Gradiente textura
- Perspectiva aérea
- Perspectiva lineal
- *Motion parallax*

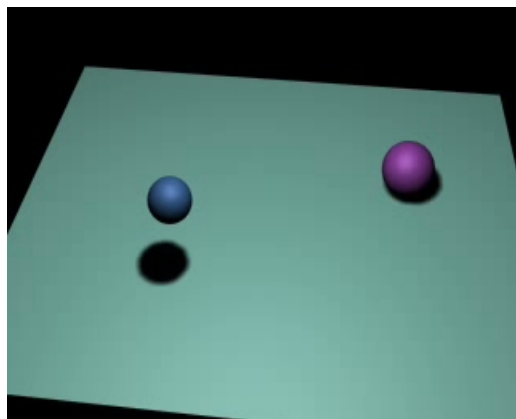


2.4 Fundamentos de visión estereoscópica.

15

Depth queues monoculares

- Iluminación
- **Sombras**
- Tamaño
- Interposición
- Gradiente textura
- Perspectiva aérea
- Perspectiva lineal
- *Motion parallax*

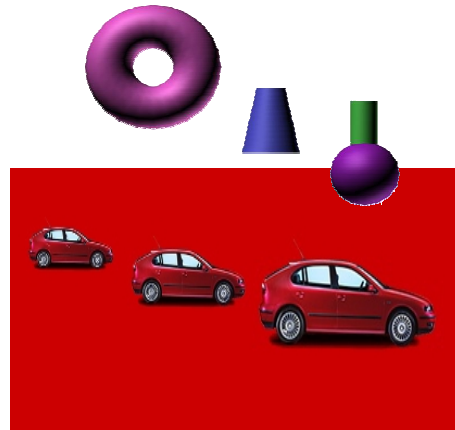


2.4 Fundamentos de visión estereoscópica.

16

Depth queues monoculares

- Iluminación
- Sombras
- **Tamaño**
- Interposición
- Gradiente textura
- Perspectiva aérea
- Perspectiva lineal
- *Motion parallax*



2.4 Fundamentos de visión estereoscópica.

17

Depth queues monoculares

- Iluminación
- Sombras
- Tamaño
- **Interposición**
- Gradiente textura
- Perspectiva aérea
- Perspectiva lineal
- *Motion parallax*



2.4 Fundamentos de visión estereoscópica.

18

Depth queues monoculares

- Iluminación
- Sombras
- Tamaño
- **Interposición**
- Gradiente textura
- Perspectiva aérea
- Perspectiva lineal
- *Motion parallax*



2.4 Fundamentos de visión estereoscópica.

19

Depth queues monoculares

- Iluminación
- Sombras
- Tamaño
- **Interposición**
- Gradiente textura
- Perspectiva aérea
- Perspectiva lineal
- *Motion parallax*



2.4 Fundamentos de visión estereoscópica.

20

Depth queues monoculares

- Iluminación
- Sombras
- Tamaño
- Interposición
- **Gradiente textura**
- Perspectiva aérea
- Perspectiva lineal
- *Motion parallax*

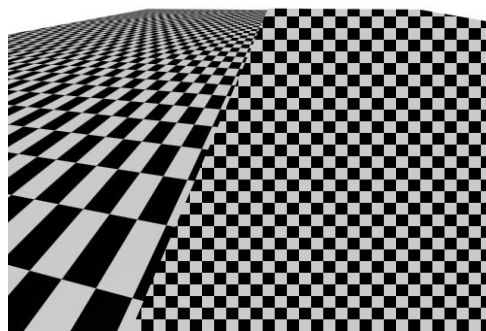


2.4 Fundamentos de visión estereoscópica.

21

Depth queues monoculares

- Iluminación
- Sombras
- Tamaño
- Interposición
- **Gradiente textura**
- Perspectiva aérea
- Perspectiva lineal
- *Motion parallax*



2.4 Fundamentos de visión estereoscópica.

22

Depth queues monoculares

- Iluminació
- Sombras
- Tamañó
- Interposició
- Gradiente textura
- **Perspectiva aèrea**
- Perspectiva lineal
- *Motion parallax*



2.4 Fundamentos de visión estereoscópica.

23

Depth queues monoculares

- Iluminació
- Sombras
- Tamañó
- Interposició
- Gradiente textura
- **Perspectiva aèrea**
- Perspectiva lineal
- *Motion parallax*



2.4 Fundamentos de visión estereoscópica.

24

Depth queues monoculares

- Iluminación
- Sombras
- Tamaño
- Interposición
- Gradiente textura
- Perspectiva aérea
- **Perspectiva lineal**
- *Motion parallax*



2.4 Fundamentos de visión estereoscópica.

25

Depth queues monoculares

- Iluminación
- Sombras
- Tamaño
- Interposición
- Gradiente textura
- Perspectiva aérea
- Perspectiva lineal
- ***Motion parallax***

2.4 Fundamentos de visión estereoscópica.

26

Depth queues binoculars

- Estereoscopia: basada en las diferencias en las imágenes que llegan a nuestros ojos, que al estar separados unos centímetros, proporcionan dos puntos de vista ligeramente distintos.
- Experimento: convergencia, mácula lútea.

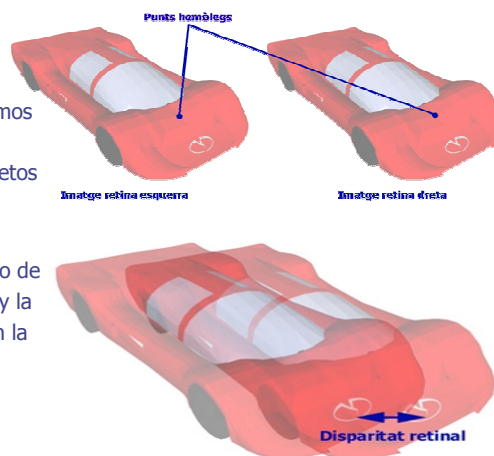


2.4 Fundamentos de visión estereoscópica.

27

Disparidad retinal

- Si pudiéramos capturar las imágenes que se proyectan en nuestras retinas, y las pudiéramos superponer de alguna manera, apreciaríamos que algunos objetos presentan **disparidad**.
- **Disparidad retinal**: distancia entre la proyección de un punto de la escena en la retina derecha y la proyección del mismo punto en la retina izquierda.
- Suele medirse en grados.



2.4 Fundamentos de visión estereoscópica.

28

Fusión y estereopsis

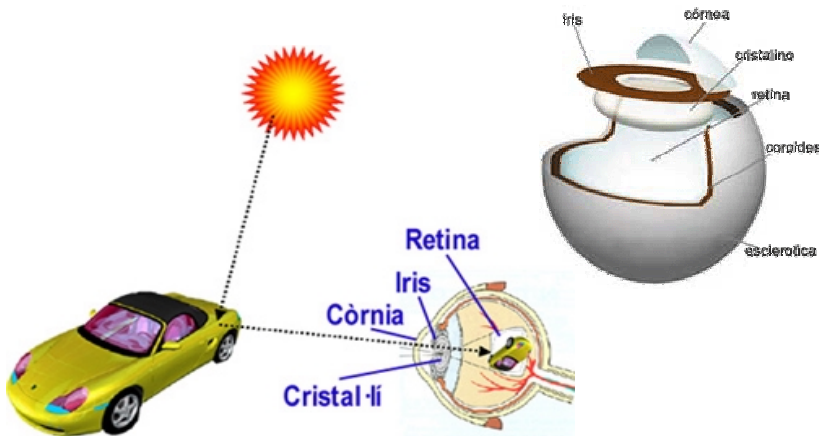
- Cada punto tiene una disparidad que depende de la **profundidad** y de la distancia a la que convergen nuestros ojos.
- La visión estereoscópica es posible gracias a que el sistema visual es capaz de **combinar dos imágenes con disparidad en una única imagen en relieve**.
- La habilidad se llama **fusión** y el sentido resultante **estereopsis**.



Contenidos

1. Percepción de la profundidad
- 2. Anatomía del ojo**
3. Modelo de cámara monocular
4. Modelo de cámara binocular

2. Anatomía del ojo

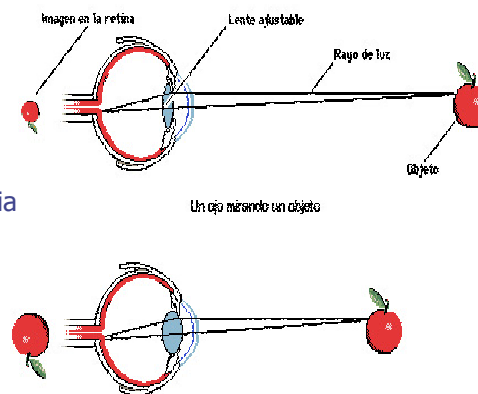


2.4 Fundamentos de visión estereoscópica.

31

Acomodación y convergencia

- Acomodación
 - Deformación del cristalino
 - Permite el enfoque
 - Depende de la distancia del objeto



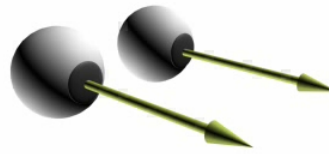
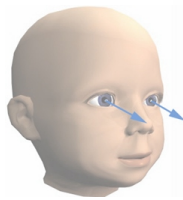
Para ver objetos cercanos, el cristalino del ojo se ensancha

2.4 Fundamentos de visión estereoscópica.

32

Acomodación y convergencia

- Convergencia
 - Rotación del ojo
 - Permite centrar el punto de interés en la fóvea
 - Depende de la distancia del objeto

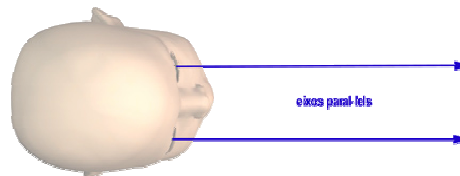
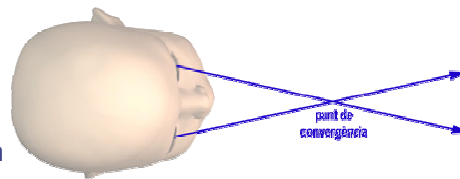


2.4 Fundamentos de visión estereoscópica.

33

Acomodación y convergencia

- Convergencia
 - Eje óptico = Dirección principal de visión
 - Punto de convergencia
 - Se puede medir como:
 - distancia
 - ángulo



2.4 Fundamentos de visión estereoscópica.

34

Acomodación y convergencia

En común:

- Dependen de la distancia del objeto
- Existe una relación natural entre acomodación y convergencia.
- En realidad virtual, esa relación se rompe (vision decoupling)

Ojo humano		Cámara fotográfica	
Fenómeno	Órgano	Fenómeno	Componente
Acomodación	Cristalino	Enfoque	Lentes
Convergencia	Músculos oculares	Rotación	Toda la cámara

2.4 Fundamentos de visión estereoscópica.

35

Contenidos

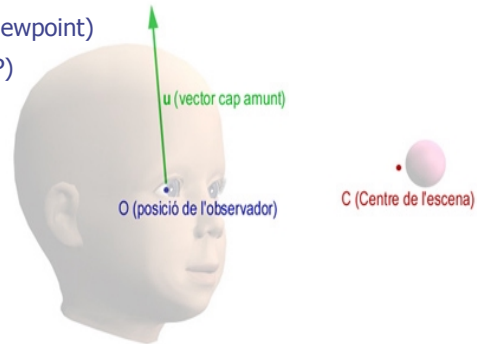
1. Percepción de la profundidad
2. Anatomía del ojo
- 3. Modelo de cámara monocular**
4. Modelo de cámara binocular

2.4 Fundamentos de visión estereoscópica.

36

3. Càmera monocular

- Permite modelar una càmera fotogràfica
- Paràmetros:
 - Posició del observador (viewpoint)
 - Centro de pan (target, VRP)
 - Vector vertical (up vector)

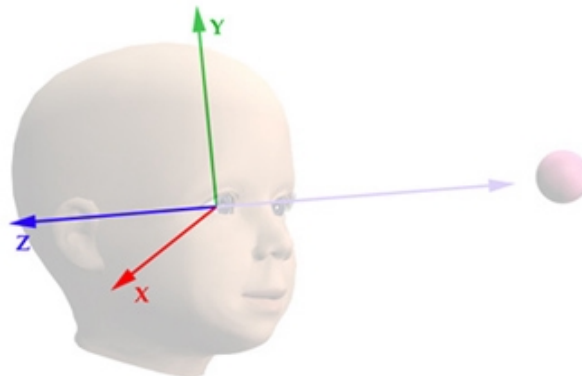


2.4 Fundamentos de visión estereoscópica.

37

Càmera monocular

- Sistema de coordenades del observador

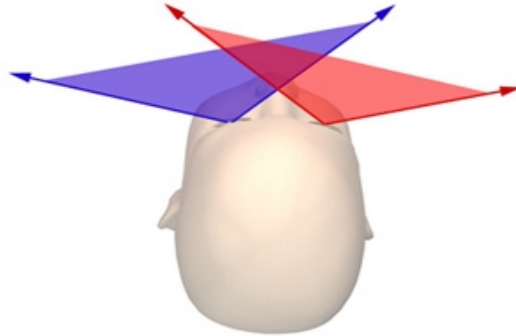


2.4 Fundamentos de visión estereoscópica.

38

Cámara monocular

- Cada ojo tiene un campo visual aproximado de 180°
- La estereoscopia sólo se presenta en la región de solapamiento.



2.4 Fundamentos de visión estereoscópica.

39

Sesión práctica

- Situación de los ojos en los mamíferos



2.4 Fundamentos de visión estereoscópica.

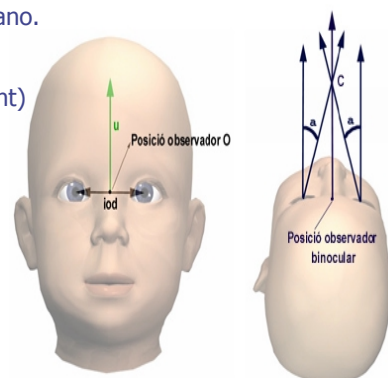
40

Contenidos

1. Percepción de la profundidad
2. Anatomía del ojo
3. Modelo de cámara monocular
- 4. Modelo de cámara binocular**

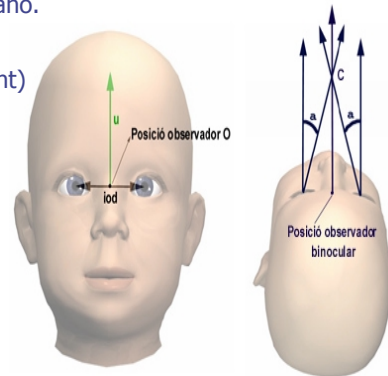
4. Cámara binocular

- Equivale a dos cámaras binoculares, con las restricciones propias del ojo humano.
- Parámetros:
 - Posición del observador (viewpoint)
 - Distancia interocular (iod)
 - Centro de pan (target, VRP)
 - Punto de convergencia
 - Vector vertical (up vector)



Cámara binocular

- Equivale a dos cámaras binoculares, con las restricciones propias del ojo humano.
- Parámetros:
 - Posición del observador (viewpoint)
 - Distancia interocular (iod)
 - Centro de pan (target, VRP)
 - Punto de convergencia
 - Vector vertical (up vector)
- Conceptos:
 - Distancia focal (focal length)
 - Ángulo de convergencia

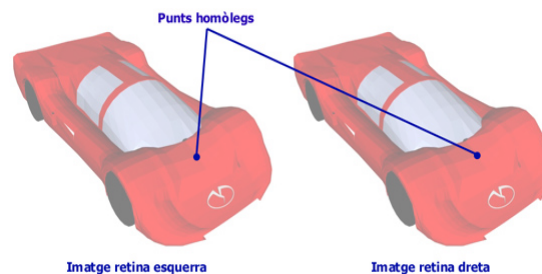


2.4 Fundamentos de visión estereoscópica.

43

Disparidad retinal (ii)

- Distancia entre **puntos homólogos**
- Disparidad
 - nula
 - positiva
 - negativa

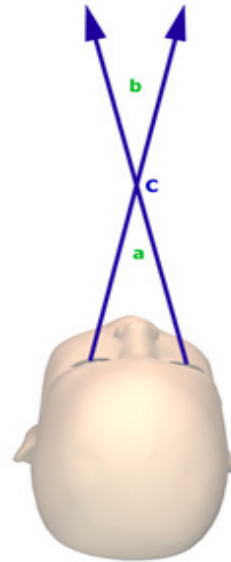


2.4 Fundamentos de visión estereoscópica.

44

Disparidad retinal (ii)

- Distancia entre **puntos homólogos**
- Disparidad
 - **nula (C)**
 - negativa
 - positiva

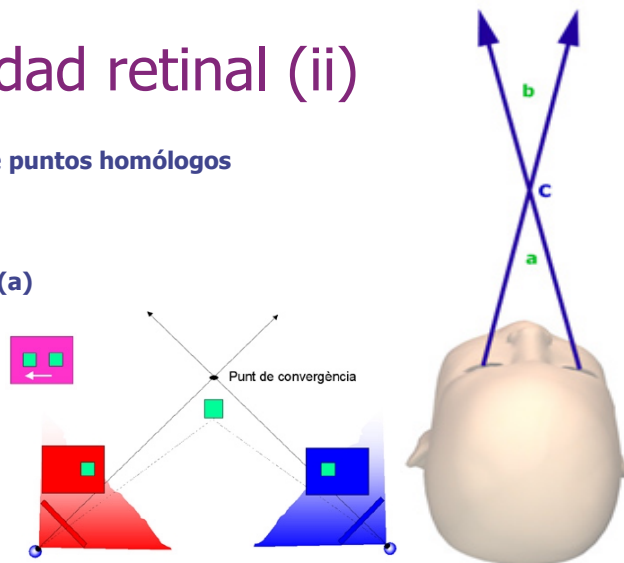


2.4 Fundamentos de visión estereoscópica.

45

Disparidad retinal (ii)

- Distancia entre **puntos homólogos**
- Disparidad
 - nula (c)
 - **negativa (a)**
 - positiva

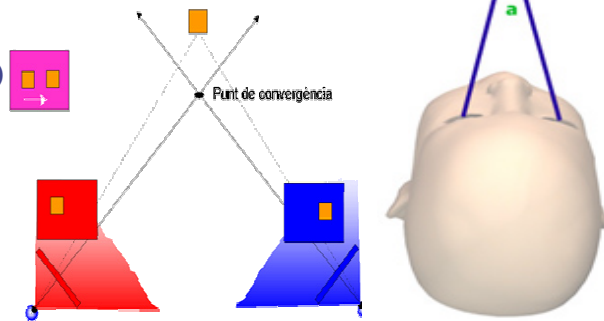


2.4 Fundamentos de visión estereoscópica.

46

Disparidad retinal (ii)

- Distancia entre **puntos homólogos**
- Disparidad
 - nula (c)
 - negativa (a)
 - **positiva (b)**



2.4 Fundamentos de visión estereoscópica.

47

Disparidad retinal (ii)

A recordar:

- Cada punto de la escena tiene su propia disparidad retinal.
- Al variar la convergencia, se altera la disparidad retinal.
- Ejemplo: si los ejes ópticos están paralelos, todos los objetos tienen disparidad negativa, que será mayor cuanto más cerca estén del observador.



2.4 Fundamentos de visión estereoscópica.

48

Resumen

- El cerebro utiliza múltiples técnicas monoculares y binoculares para determinar la distancia de los objetos.
- La estereoscopia es una de estas técnicas, y se basa en la disparidad retinal.
- La **disparidad retinal** es la distancia horizontal entre puntos homólogos en nuestra retina, y depende de la distancia interocular, la distancia del objeto y la distancia de convergencia.
- La **convergencia** permite centrar la imagen en la fovea de nuestra retina.
- La acomodación del cristalino permite enfocar los objetos.
- La **fusión** es la habilidad de combinar dos imágenes con disparidad en una única imagen en relieve. El sentido resultante es la **estereopsis**.

Recursos

- StereoGraphics Corporation (1997): "Developers' Handbook: Background on Creating Images for CrystalEyes and SimulEyes", Página Web <http://www.stereographics.com>
- F. J. Pérez, C. Andújar, F. Santistevé (2000): "Sistemas de retroproyección para una mesa estereoscópica de realidad virtual". Informe de trabajo. Dpto. LSI, Universidad Politècnica de Catalunya.
- Kaufman, Lloyd (1974): "An introduction to visual perception", Oxford University Press.
- Valyus, N.A. (1962): "Stereoscopy". Focal Press New York.