

Réalité Virtuelle : IHM immersifs

Vision 3D, stéréovision

Alexis NEDELEC

Centre Européen de Réalité Virtuelle
Ecole Nationale d'Ingénieurs de Brest

enib ©2018



Vision 3D, stéréovision et IHM immersifs

Vision 3D et Réalité Virtuelle Distribuée

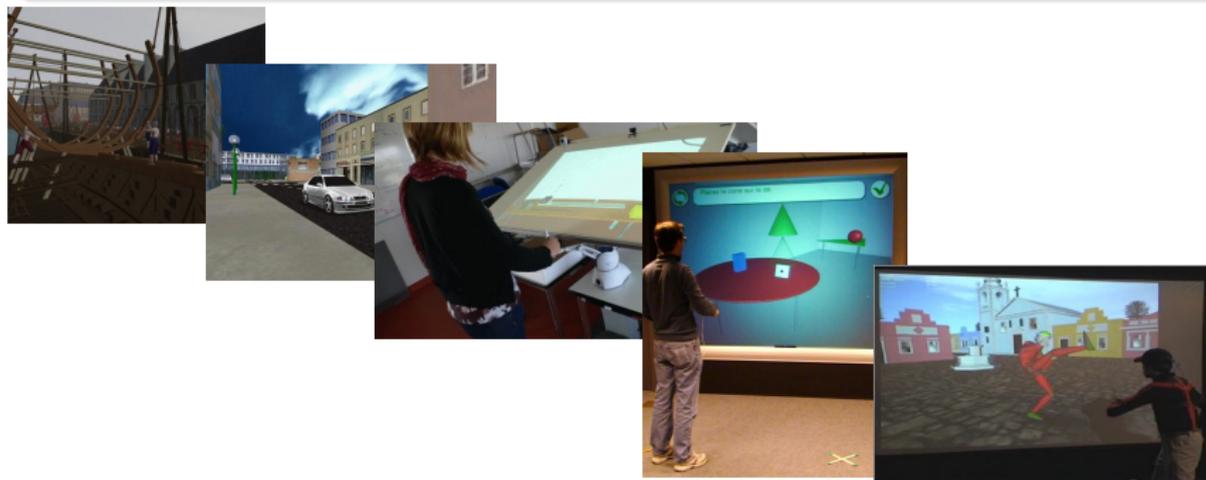
- perception visuelle, degré d'immersion 3D
- interaction, collaboration, coopération avec des “entités” 3D
- animation “ temps réel” des entités de l’environnement



Vision 3D, stéréovision et IHM immersifs

CERV : Activités de recherches (www.cerv.fr)

- immersion dans un environnement de simulation
- interaction avec des entités artificielles
- modèles comportementaux d'entités autonomes



Vision 3D, stéréovision et IHM immersifs

Objectifs

- visualisation de dimensions “naturelles” (échelle 1)
- suivant différents angles d’observations
- en fonction de divers centres d’intérêts (focalisation)
- sans support (lunettes, casques, capteurs de localisation ...)
- avec immersion multi-utilisateurs
- possibilité d’interaction avec les entités de l’environnement
- dans un contexte de travail collaboratif et coopératif



Vision 3D : perception du relief

Vision monoculaire : perception globale du relief

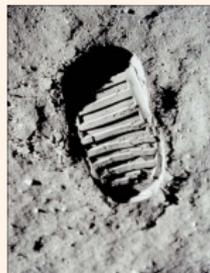
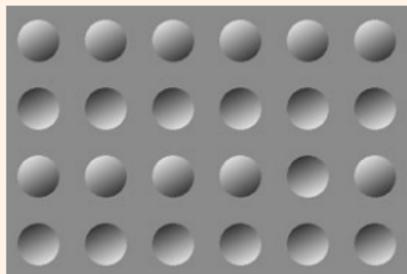
- effets d'ombres et lumières
- dimensions relatives d'objets
- projection, perspective
- occlusion, recouvrement d'objets
- gradient de texture de surface
- parallaxe de mouvement

Vision binoculaire : perception locale du relief

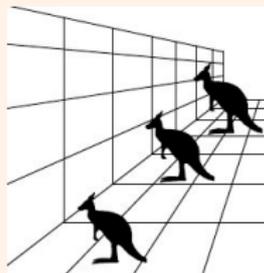
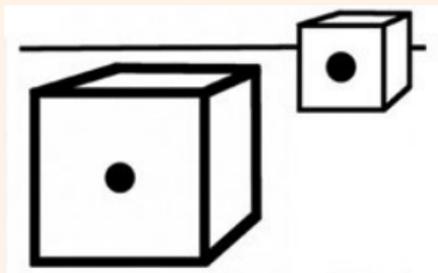
- convergence : rotation des yeux, fixer une position spatiale
- accommodation : changement de focale du système optique
- stéréovision : disparité binoculaire œil droit/œil gauche

Vision monoculaire

Effets d'ombres et lumières

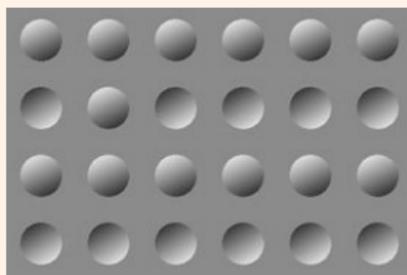


Dimensions relatives, perspective

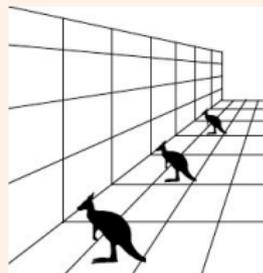
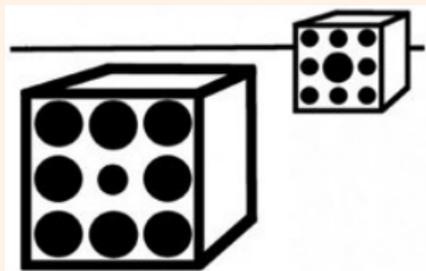


Vision monoculaire

Effets d'ombres et lumières

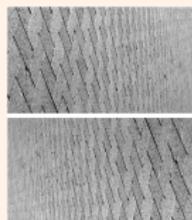
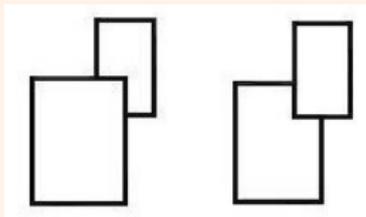


Dimensions relatives, perspective

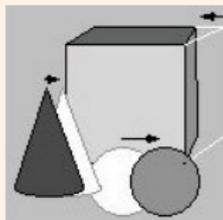


Vision monoculaire

Occlusion, gradient de texture

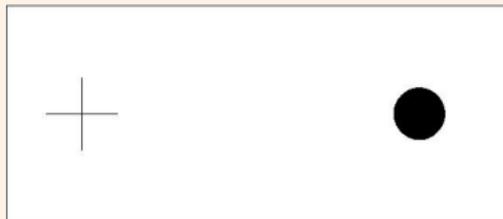
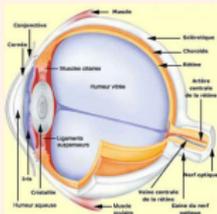


Parallaxe de mouvement



Illusions d'optique

Point aveugle



Regroupement de formes, de lettres



Lis sans t'arrêter,
même si ça te paraît bizarre !

Selon une étude de l'Université de Cambridge, l'ordre des lettres dans un mot n'a pas d'importance, ce qui compte, c'est que la première et la dernière soient à la bonne place. Le reste peut être dans un désordre total et tu peux toujours lire sans problème. C'est parce que le cerveau humain ne lit pas chaque lettre elle-même, mais le mot comme un tout.

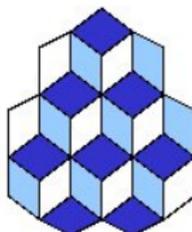
Bonne nouvelle pour les plus en orthographe...

Have a good day !

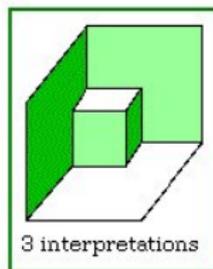
2

Illusions d'optique

Interprétations

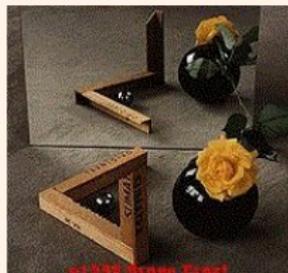
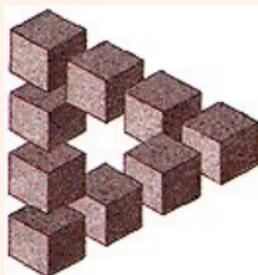


6 cubes or 7 ?



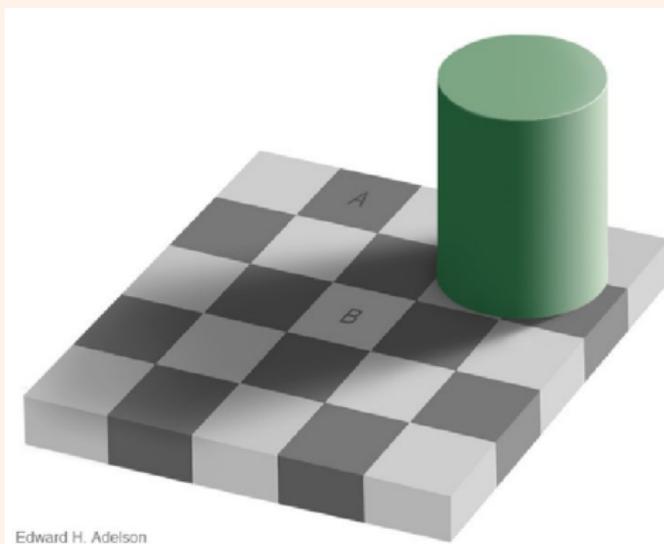
3 interpretations

Modèles impossibles



Illusions d'optique

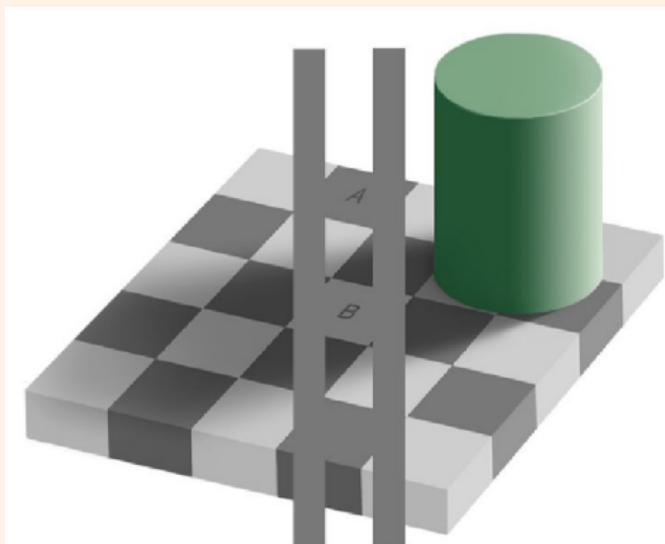
Ombres et lumières



Edward H. Adelson

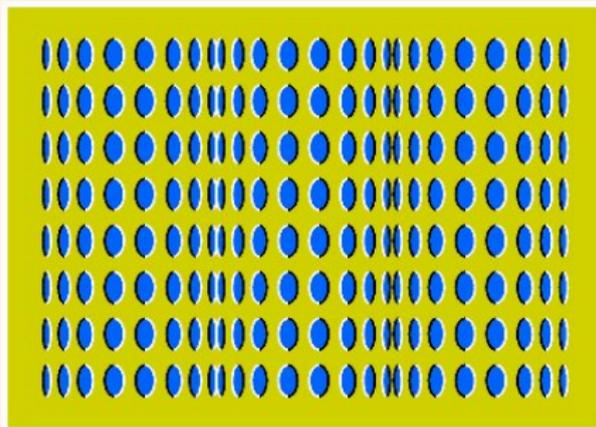
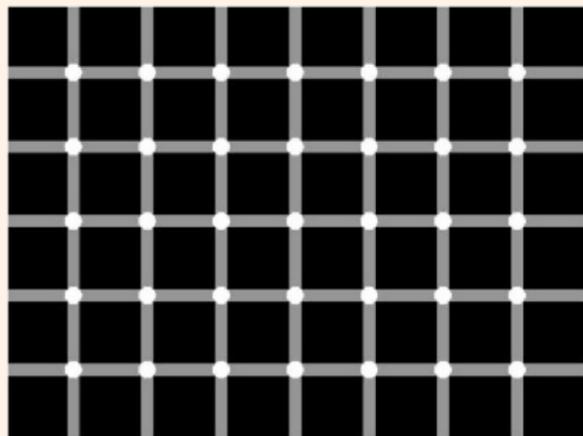
Illusions d'optique

Ombres et lumières



Illusions d'optique

Perception des contrastes



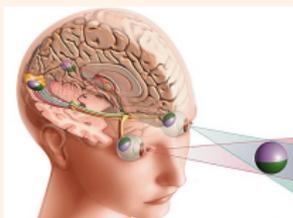
Illusions d'optique

etc ... etc ...

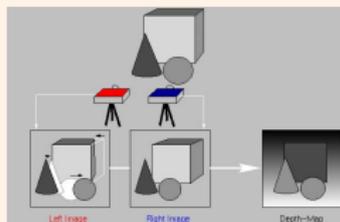


Stéréovision

De la rétine aux aires visuelles



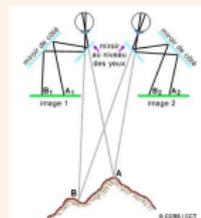
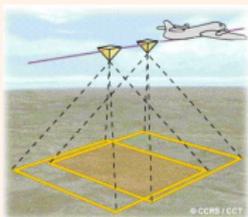
Disparité binoculaire



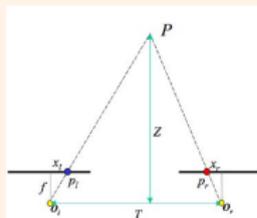
- disparité : décalage d'objets entre les deux images rétiniennes
- estimation de profondeur : relative à la disparité

Stéréovision

Stéréoscopie traditionnelle : Parallaxe linéaire



Parallaxe linéaire : calcul de profondeur



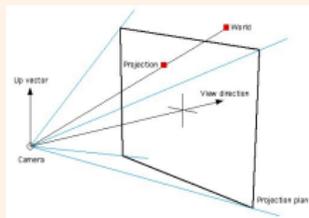
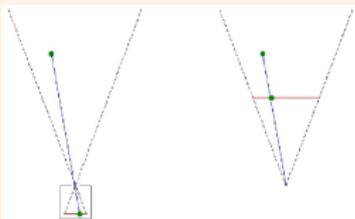
$$\frac{T + x_r - x_l}{Z - f} = \frac{T}{Z}$$

$$d = x_r - x_l$$

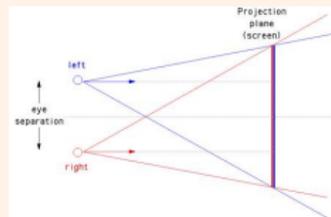
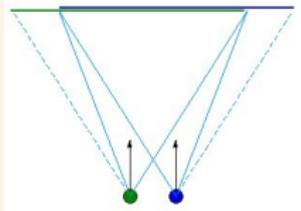
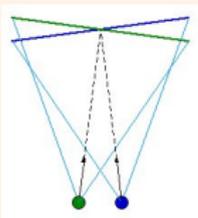
$$Z = f \frac{T}{d}$$

Caméras virtuelles

Environnement virtuel : caméra réelle / caméra virtuelle

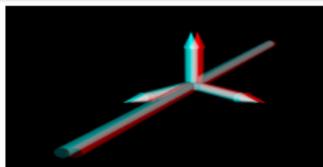
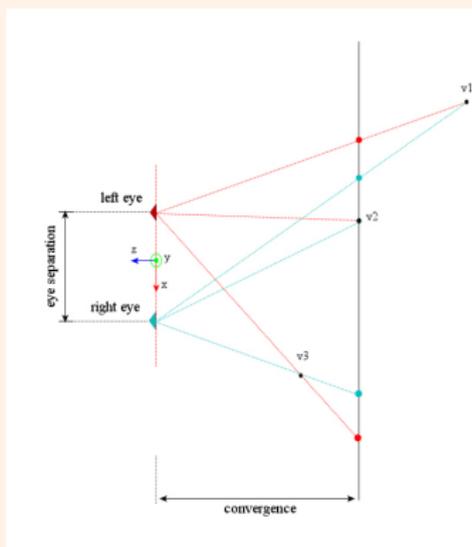


Centre de visée : Toe-In, Off-Axis et plans de projection



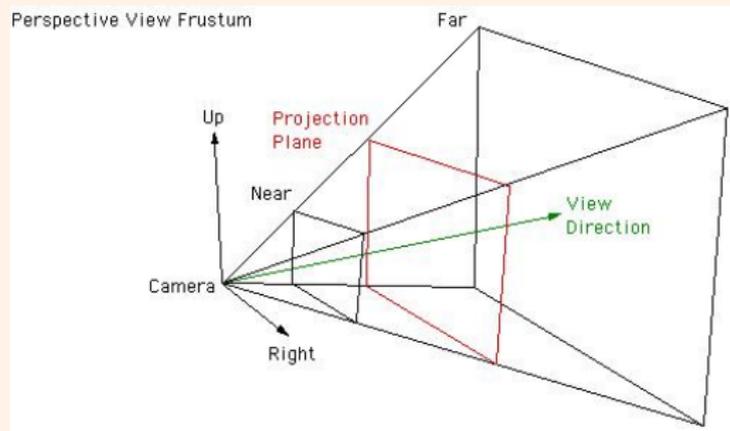
Caméras virtuelles

Parallaxes: positive, zéro, négative



Caméras virtuelles : OpenGL

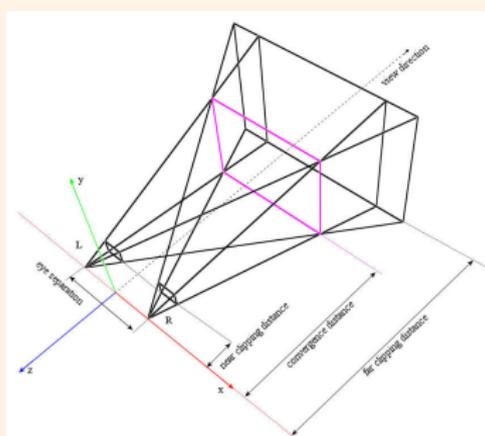
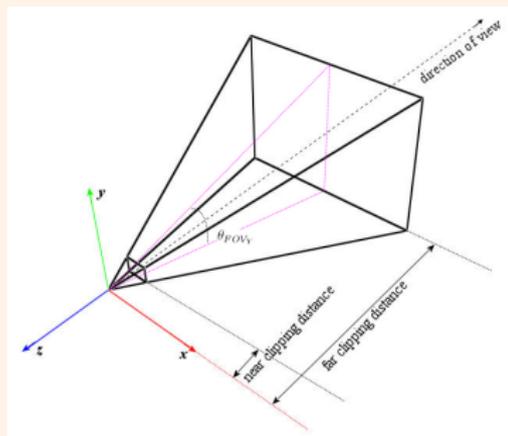
```
glFrustum(left, right, bottom, top, near, far)
```



Thanks to Paul Bourke (<http://paulbourke.net>)

Caméras virtuelles : OpenGL

Calculs d'images stéréoscopiques



Thanks to animesh's blog (<http://www.animesh.me>)
mise à jour sur : <http://quiescentspark.blogspot.fr>

Caméras virtuelles : OpenGL

Triangle : \widehat{AOB}

- $top = D_{near} \times \tan\left(\frac{\theta_{FOV_y}}{2}\right)$
- $a = r_{aspect} \times C \times \tan\left(\frac{\theta_{FOV_y}}{2}\right)$

Pour les deux frustums : top, bottom=-top

Triangles : $\widehat{ALB}, \widehat{ARB}$

- $\frac{d_{left}}{b} = \frac{d_{right}}{c} = \frac{D_{near}}{C}$
- $b = a - \frac{D_{eye}}{2}, c = a + \frac{D_{eye}}{2}$

pour chacun des frustums : left, right

- Left Frustum : $d_{left} = -b \times \frac{D_{near}}{C}$, $d_{right} = c \times \frac{D_{near}}{C}$
- Right Frustum : $d_{left} = -c \times \frac{D_{near}}{C}$, $d_{right} = b \times \frac{D_{near}}{C}$

Caméras virtuelles : PyOpenGL

`camera.updateLeft()`

```
ratio=self.width/self.height
top=self.near*math.tan(self.fovy/2.0)
bottom=-top
a=ratio*self.convergence*math.tan(self.fovy/2.0)
b=a-self.dip/2.0
c=a+self.dip/2.0
left=-b*(self.near/self.convergence)
right=c*(self.near/self.convergence)
self.frustumLeft=(left,right,
                  bottom,top,
                  self.near,self.far)
```

Thanks to Peter Roesch

(<http://www.binocularity.org/page24.php>)

Caméras virtuelles : PyOpenGL

```
camera.updateRight()
```

```
ratio=self.width/self.height
top=self.near*math.tan(self.fovy/2.0)
bottom=-top
a=ratio*self.convergence*math.tan(self.fovy/2.0)
b=a-self.dip/2.0
c=a+self.dip/2.0
left=-c*(self.near/self.convergence)
right=b*(self.near/self.convergence)
self.frustumRight=(left,right,
                    bottom,top,
                    self.near,self.far)
```

Caméras virtuelles : PyOpenGL

```
scene.render(self,side=GL_BACK_LEFT) (Off-Axis)
```

```
if self.stereoType=="PARALLEL" :
    if side == GL_BACK_LEFT:
        f = self.camera.frustumLeft
        l = self.camera.lookAtLeft
    else:
        f = self.camera.frustumRight
        l = self.camera.lookAtRight
glMatrixMode(GL_PROJECTION)
glLoadIdentity()
glFrustum(f[0],f[1],f[2],f[3],f[4],f[5])
```

Caméras virtuelles : PyOpenGL

```
scene.render(self,side=GL_BACK_LEFT) (Off-Axis)
```

```
glMatrixMode(GL_MODELVIEW)
glLoadIdentity()
## if side == GL_BACK_LEFT :
##     glTranslatef(self.camera.dip/2.0, 0.0, 0)
## else :
##     glTranslatef(-self.camera.dip/2.0, 0.0,0)
gluLookAt(l[0],l[1],l[2],
          l[3],l[4],l[5],
          l[6],l[7],l[8])
```

Caméras virtuelles : PyOpenGL

`scene.placeElements(self)` (Off-Axis)

```
if self.wcs==True :
    self.model.worldCoordinateSystem(self.size)
glPushMatrix()
glRotatef(self.rotX, 1, 0, 0);
glTranslatef(self.dx,self.dy,self.dz)
self.model.create_model(self.size)
glPopMatrix()
```

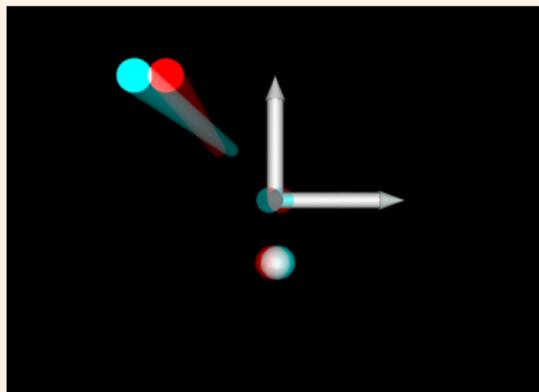
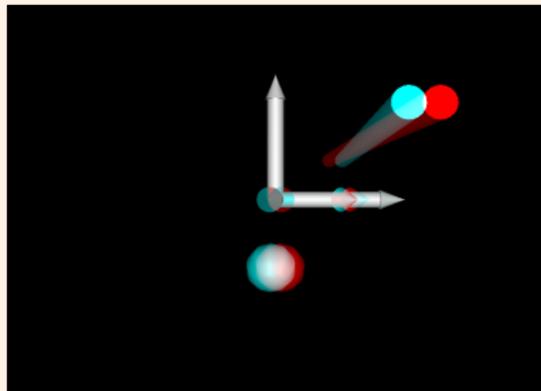
Caméras virtuelles : PyOpenGL

`scene.display(self)` (Off-Axis)

```
glClearColor(0.0,0.0,0.0,0.0);
glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT | GL_DEPTH_BUFFER_BIT)
glEnable(GL_DEPTH_TEST)
self.render(GL_BACK_LEFT)
glColorMask(True, False, False, False )
self.placeElements()
glClear(GL_DEPTH_BUFFER_BIT)
self.render(GL_BACK_RIGHT)
glColorMask(False, True, True, False )
self.placeElements()
glColorMask(True, True, True, True)
glutSwapBuffers()
```

Caméras virtuelles : PyOpenGL

Tests stéréoscopiques



...

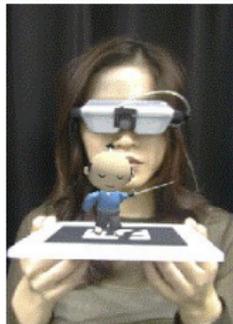
```
self.model.worldCoordinateSystem(self.size)  
self.model.create_model(self.size)
```

...

Systèmes d'affichage 3D

Affichage stéréoscopique, volumique

- lunettes stéréoscopiques
- casques stéréoscopiques (visiocasques)
- écrans autostéréoscopiques
- affichage volumique



Caractéristiques fondamentales

liées aux utilisateurs

- champ visuel : 180° en horiz., 45° (haut)+ 70° (bas) en vert.
- port de lunettes, casques, capteurs de localisation
- degré d'immersion, d'interaction
- suivi de regard, durée d'utilisation
- ...

liées au système d'affichage

- filtrage œil gauche/droit, angle de vue
- images fantômes, scintillement
- absorption de signal, variations de couleurs
- mono, multi-utilisateur, coût du système d'immersion
- ...

Classification des systèmes

Affichage avec support

- lunettes stéréoscopiques (2 images/1 écran d'affichage)
 - multiplexage temporel, spatial
 - port de lunettes, plusieurs utilisateurs
- visiocasque (2 images/2 écrans d'affichage)
 - port du casque, un seul utilisateur, fatigue visuelle

Affichage sans support

- écrans auto-stéréoscopiques (2 images/1 écran d'affichage)
 - multiplexage directionnel
 - nombre limité d'utilisateurs
- affichage volumique (plusieurs images/1 volume d'affichage)
 - nombre d'images non-limité
 - volume de visualisation limité

Affichage avec support : vision sur un écran

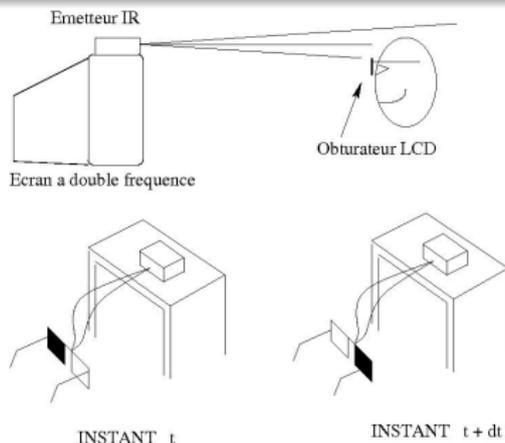
Lunettes stéréoscopiques

- Lunettes actives : affichage alterné
 - lunettes à obturateur électronique
 - lunettes polarisantes linéaire ou circulaire
 - doubler la fréquence d'affichage du système
- Lunettes passives : multiplexage spatial
 - lunettes anaglyphes ({ rouge,cyan } , { vert, magenta } ...)
 - écrans et lunettes à polarisation linéaire ou circulaire
 - lunettes à filtres optiques

Affichage avec support : vision sur un écran

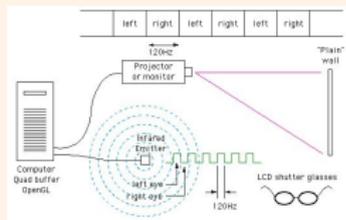
Lunettes actives : obturateur électronique ou polarisation d'écran

- doubler la fréquence d'affichage
- synchronisation obturation/système d'affichage
- câblage, infra-rouge, ultra-sons

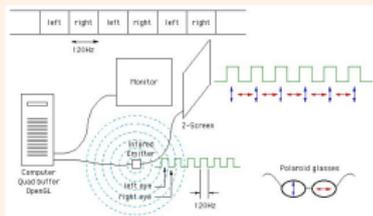


Affichage avec support : vision sur un écran

Obturbateur électronique : Eyes3Shut (Télécom Brest)

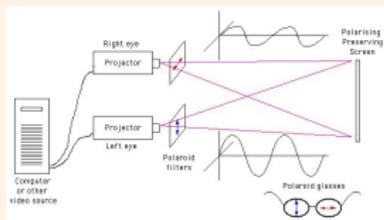


Polarisation active : Z-screen RealD

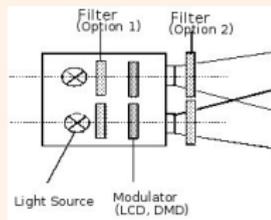


Affichage avec support : vision sur un écran

Polarisation passive : multiplexage spatial

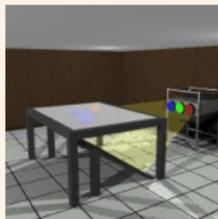


Polarisation passive : multiplexage de longueur d'onde

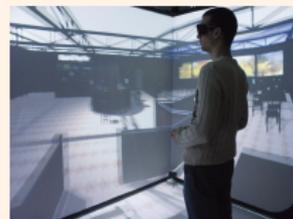
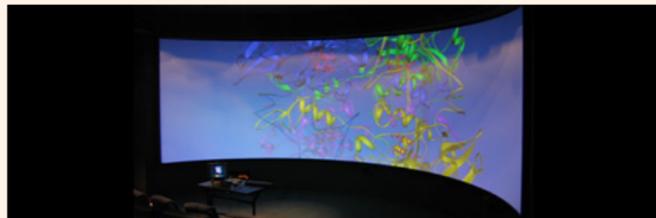


Affichage avec support : vision sur un écran

Tables de projection (Stanford RW, Fakespace DeskTM)



Salles "immersives" (Mechdyne curve screen, VRLAB Cave)



Affichage avec support : vision sur deux écrans

Binocular Omni-Orientation Monitor (BOOM)



Fakespace Push
(dual CRT, 1280x1024)



Fakespace Boom 3C
(dual CRT, 1280x1024)

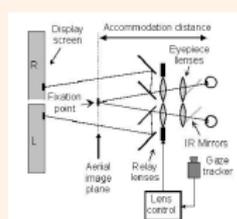


Fakespace FS2



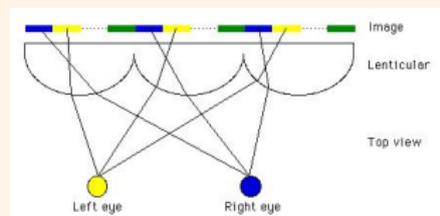
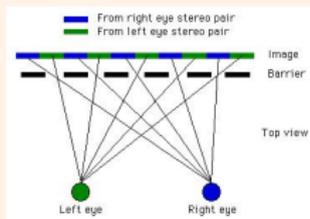
Fakespace Pinch
(dual CRT, 1280x1024)

Head, Helmet, Mounted Display (HMD), accommodation (3DDAC)

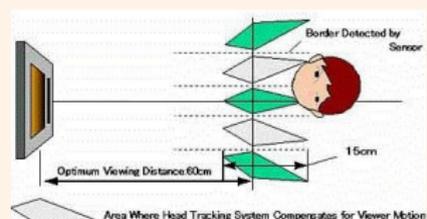
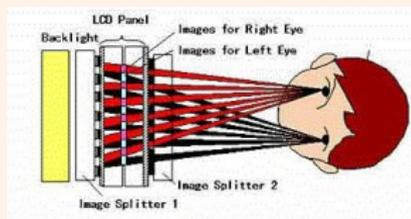


Affichage sans support : vision sur un écran

Technique d'illumination, lenticulaire



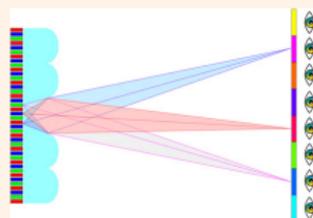
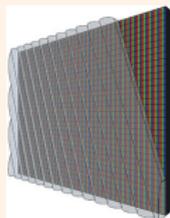
Ecrans auto-stéréoscopiques : technique d'illumination



Affichage sans support : vision sur un écran

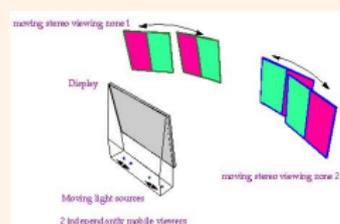
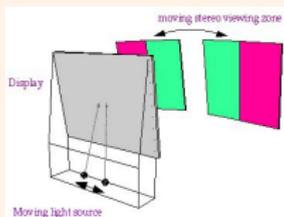
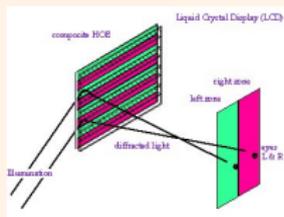
Ecrans auto-stéréoscopiques (Alioscopy)

- dispositif lenticulaire placé devant le système d'affichage



Ecrans auto-stéréoscopiques (David Trayner, HDS)

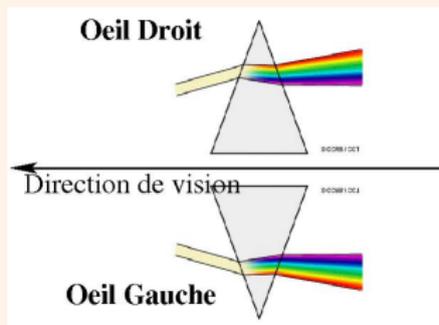
- Element Optique Holographique (HOE)



Affichage sans support : vision sur un écran

Chromostéréoscopie

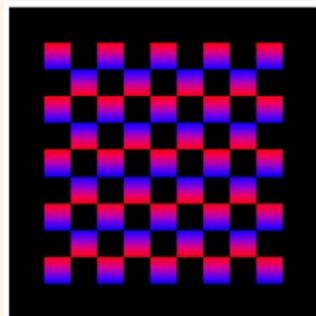
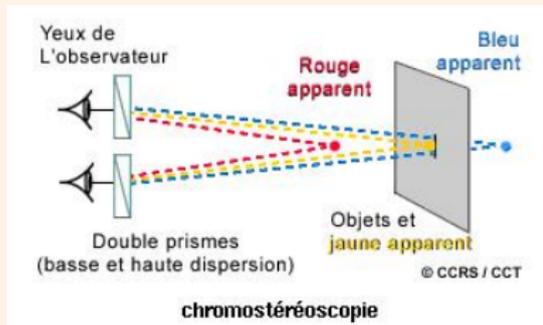
- réfraction de la lumière par la cornée et le cristallin
- axe visuel différent de l'axe optique



- la lumière bleue converge plus vers le nez
- la lumière rouge converge plus vers les tempes
- un objet rouge semblera être plus près qu'un objet bleu

Affichage sans support : vision sur un écran

Chromostéréoscopie

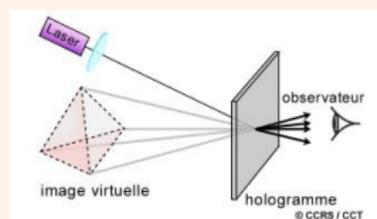
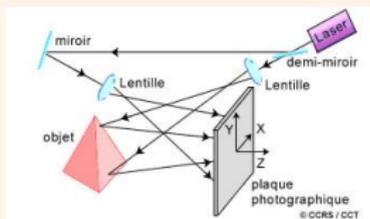


Chromostéréoscopie

- codage profondeur/couleur
- décodage couleur/profondeur par le système de lunettes
- Richard Steenblik (1986): ChromaDepthTM(1992)

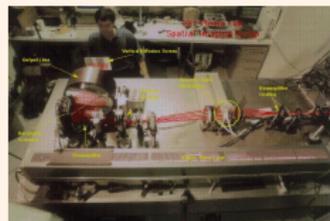
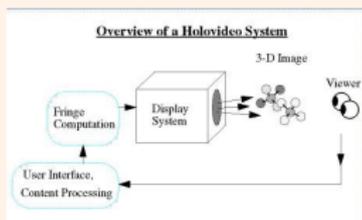
Affichage sans support : affichage volumique

Holographie : enregistrement et restitution



MIT Spatial Imaging Group: holovideo (Marc Lucente)

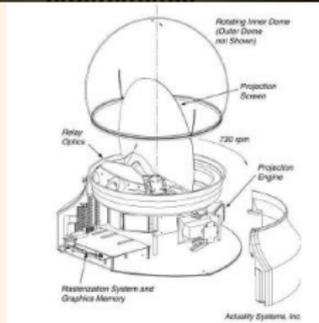
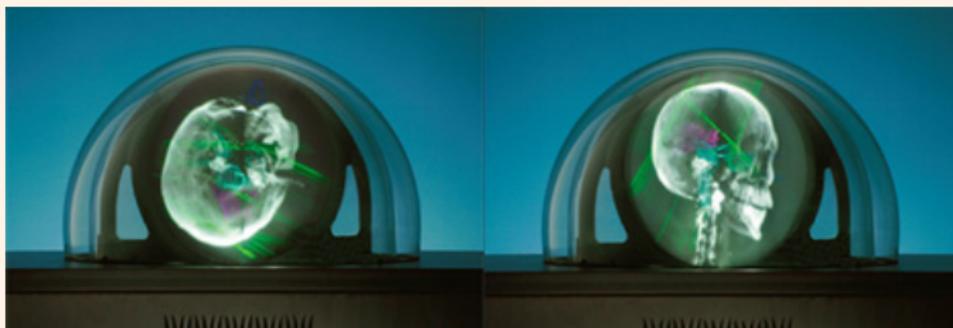
- Perception stéréoscopique naturelle
- image volumique : $(40 \times 80 \times 150)mm^3$



Affichage sans support : affichage volumique

Perspecta 3D System: Perception stéréoscopique naturelle

- 768 pixels x 768 pixels x 198 slices (\approx 100 million voxels)



Conclusion

Systèmes d'affichage stéréoscopique : classification (Paul Bourke)

	Z-Screen	Frame sequential	Passive	Infitec	HMD	Auto-stereoscopic
Ghosting	Yes	Yes	Yes	Essentially none	None	NA
Flicker	Yes	Yes	None	None	None	None
Glasses	Circular polaroid, low cost	LCD, active electronics	Polaroid, low cost	Optical elements	Yes	None
Resolution	Average	Average	Range	Range	Average	Generally low
Special requirements	CRT technology (mostly)	CRT technology (mostly)	Special projection screen surface	Proprietary	Single person	Limited viewing positions
Cost	Medium	Range	Range	High	Range	Range
Suitability for public exhibit	Low	Low	Highest	Low	Low	High
Suitability for research	Average	Average	Average	High	Medium	Low
Suitability for cinema	High	Average/low	High	High	Low	Low
Suitability for gaming	Low	Most suitable for monitor	Average	Low	Average	Average

Systemes d'affichage stereoscopique

Classification (Paul Bourke)

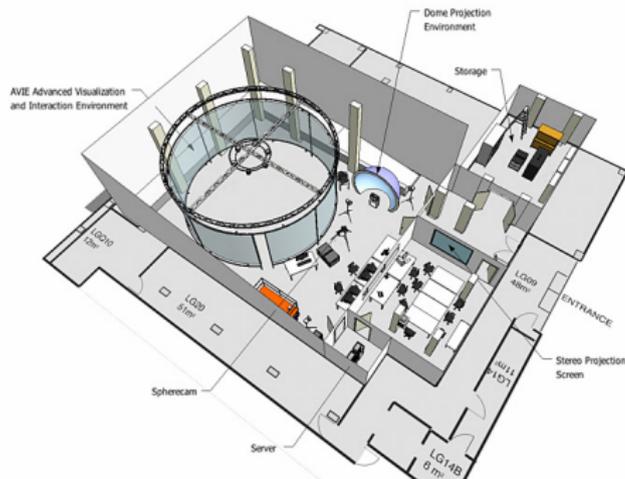
- effets de scintillement (actif, passif)
- images fantômes (actif)
- basse résolution (auto-stéréoscopie)
- dispositifs spécifiques (passif, Infitec, auto-stéréoscopie)
- prix élevés (Infitec)
- exhibitions publiques (passif)
- domaine de recherche (HMD, Infitec et Eyes3Shut)
- adapté au cinéma, télé (Zscreen, Eyes3Shut, Infitec)
- adapté aux jeux vidéos (actif, Eyes3Shut)

Au delà de l'affichage

Immersion et Interaction

AVIE : Advanced Visualisation and Interaction Environment

- visualisation 3D, sons spatialisés
- suivi de mouvement
- détection de formes



Références

Adresses Au Net : Affichage 3D

- perception visuelle : <http://www.yorku.ca/eye/thejoy.htm>
- Paul Bourke : <http://paulbourke.net>
- histoire de la stéréoscopie: <http://www.stereographer.com>
- radar et Stéréoscopie : <http://www.ccrs.nrcan.gc.ca>

Adresses Au Net : Laboratoires, Produits

- graphics.stanford.edu
- um3d.dc.umich.edu
- www.stereo3d.com
- www.vrex.com
- www.virtualresearch.com