

**Vidéo Relief 3D**  
De l'acquisition à la diffusion

L. Lucas

7<sup>ème</sup> Ecole d'été de Peyresq en traitement du signal et des images

La chaîne numérique 3D : de l'acquisition à la compression de données

© 2012, CReSTIC. Tous droits réservés

**Merci à**

**mes collègues**

Y. Remion, S. Prévost, G. Valette, P. Vautrot, A. Benassarou  
B. Battin, C. Niquin, J. PrévotEAU, S. PLOTIN, R. Guillemot

**notre partenaire**

OPEXMedia (D. Soucheyre, D. Debons, J. Lehuraux)

Contact : [laurent.lucas@univ-reims.fr](mailto:laurent.lucas@univ-reims.fr)



7<sup>ème</sup> école d'été de Peyresq en traitement du signal et des images – du 24 au 30 juin 2012

**Sommaire**

- Quelques rappels
  - Un peu d'histoire, stéréopsie et physiologie de la 3D
- Pipeline de production de contenus et modèle de caméra
  - Caractérisation des géométries de capture et de restitution d'images reliefs
- Caractérisation du relief et évaluation des cartes de disparités
  - Mise en correspondance multi-vues
  - Reconstruction de surfaces
  - Affinement des profondeurs
- Compression de flux vidéo multi-vues : approches LDV
  - Génération et compression des LDI
  - Reconstruction des vues
- Affichage autostéréoscopique
- Conclusion et perspectives
- Démo







7<sup>ème</sup> école d'été de Peyresq en traitement du signal et des images – du 24 au 30 juin 2012

**Partie 1**

Fondements



7<sup>ème</sup> école d'été de Peyresq en traitement du signal et des images – du 24 au 30 juin 2012

### Un peu d'histoire ... la conquête de la réalité

- Le terme « 3D » repose sur un ensemble de techniques issues de conception assistée par ordinateur qui permet de représenter des objets en perspective sur un écran ordinateur. La « 3D » est encore affichées à plat aujourd'hui.
- Ce principe de représentation commence à être « théoriser » à la Renaissance. La Cité idéale (1475) de Piero della Francesca et le perspectographe de Dürer illustrent ce principe.

La Cité idéale, 1475, Piero della Francesca

L'expérience de Brunelleschi

Perspectographe de Dürer

**CRESTIC**

7ème école d'été de Peyre en traitement du signal et des images - du 24 au 30 juin 2012

### Un peu d'histoire ... de la 3D ... relief

Timeline: 1877 (Téléscope), 1908 (Noir&Blanc), 1948 (Couleur TV), 1981 (HDTV), 1993 (TV Numérique TV par satellite)

1838 (Brewster & Dubosq, Stéréoscope), 1860 (Holmes, Stéréoscope), 1888 (Wheatstone, Stéréoscope)

1908 (Photographie Intégrale), 1948 (Holographie), 1952 (Cinema 3D), 1986 (IMAX 3D DVD)

1910 (Gaumont), 1938 (Brewster & Dubosq), 1952 (2ème vague), 1986 (3ème vague), 4ème vague

Ère du tout numérique (3DTV)

<http://www.antiq-photo.com>

**CRESTIC**

7ème école d'été de Peyre en traitement du signal et des images - du 24 au 30 juin 2012

### Pourquoi un tel renouveau ?

- Un domaine qui n'est pas nouveau, mais un développement ralenti par :
  - Qualité médiocre
  - Démocratisation de la TV couleur / déploiement ...
- Récent renouvellement de l'intérêt et l'activité en raison de :
  - Amélioration qualitative technologies et des réseaux
  - Évolution logique de la TV
  - Productions de l'industrie cinématographique (blockbuster 3D)
- Meilleur réalisme : une meilleure perception de profondeur et de distance
- Meilleure immersion dans les images : de nouvelles sensations et émotions
- Nouveau paradigme de représentation et d'interaction avec les images

**CRESTIC**

7ème école d'été de Peyre en traitement du signal et des images - du 24 au 30 juin 2012

### Stéropsie et physiologie de la 3D

- Le système visuel humain (HVS) est un système complexe. La perception du relief mobilise :
  - Sources subjectives
    - Indices psychophysiques (théorie de Gestalt)
    - Indices graphiques
    - Indices dynamiques
  - Sources objectives
    - Informations oculaires
    - Informations stéréoscopiques
  - Limites physiologiques

**CRESTIC**

7ème école d'été de Peyre en traitement du signal et des images - du 24 au 30 juin 2012

### Stéréopsie et physiologie de la 3D

- Le système visuel humain (HMS) est un système complexe. La perception du relief mobilise :
  - Sources subjectives
    - Indices psychophysiques (théorie de Gestalt)
    - Indices graphiques
    - Indices dynamiques
  - Sources objectives
    - Informations oculaires
    - Informations stéréoscopiques
  - Limites physiologiques



Occlusion



Taille relative des objets



Hauteur relative



Perspective linéaire



Diffusion atmosphérique

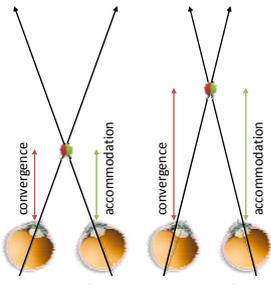


Ombrage

7777 école d'été de Peyresq en traitement du signal et des images - du 24 au 30 juin 2012 9

### Stéréopsie et physiologie de la 3D

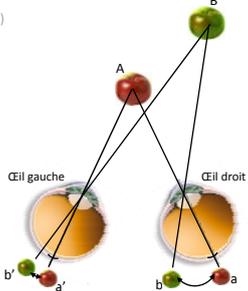
- Le système visuel humain (HMS) est un système complexe. La perception du relief mobilise :
  - Sources subjectives
    - Indices psychophysiques (théorie de Gestalt)
    - Indices graphiques
    - Indices dynamiques
  - Sources objectives
    - Informations oculaires
      - Convergence
      - Accommodation
    - Informations stéréoscopiques
      - Vision binoculaire
      - Disparité rétinienne
  - Limites physiologiques



7777 école d'été de Peyresq en traitement du signal et des images - du 24 au 30 juin 2012 10

### Stéréopsie et physiologie de la 3D

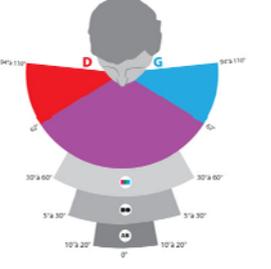
- Le système visuel humain (HMS) est un système complexe. La perception du relief mobilise :
  - Sources subjectives
    - Indices psychophysiques (théorie de Gestalt)
    - Indices graphiques
    - Indices dynamiques
  - Sources objectives
    - Informations oculaires
      - Convergence
      - Accommodation
    - Informations stéréoscopiques
      - Vision binoculaire
      - Disparité rétinienne
  - Limites physiologiques



7777 école d'été de Peyresq en traitement du signal et des images - du 24 au 30 juin 2012 11

### Stéréopsie et physiologie de la 3D

- Le système visuel humain (HMS) est un système complexe. La perception du relief mobilise :
  - Sources subjectives
    - Indices psychophysiques (théorie de Gestalt)
    - Indices graphiques
    - Indices dynamiques
  - Sources objectives
    - Informations oculaires
      - Convergence
      - Accommodation
    - Informations stéréoscopiques
      - Vision binoculaire
      - Disparité rétinienne
  - Limites physiologiques
    - Accuité maximale  $\approx 3^\circ$



7777 école d'été de Peyresq en traitement du signal et des images - du 24 au 30 juin 2012 12

### Stéréopsie et physiologie de la 3D

- Le système visuel humain (HMS) est un système complexe. La perception du relief mobilise :
  - Sources subjectives
    - Indices psychophysiques (théorie de Gestalt)
    - Indices graphiques
    - Indices dynamiques
  - Sources objectives
    - Informations oculaires
      - Convergence
      - Accommodation
    - Informations stéréoscopiques
      - Vision binoculaire
      - Disparité rétinienne
  - Limites physiologiques
    - Acuité maximale  $\approx 3''$

7777 école d'été de Peyresq en traitement du signal et des images - du 24 au 30 juin 2012 13

### Stéréopsie et physiologie de la 3D

- L'inconfort visuel du spectateur devant des contenus présentés en 3D relief est lié au conflit de synergie **accommodation/convergence**, c'est-à-dire à la difficulté qu'a le spectateur à focaliser ses yeux sur l'écran de projection tout en fusionnant les points homologues aux images gauche-droite en fonction de la distance virtuelle de l'objet 3D en mouvement.

7777 école d'été de Peyresq en traitement du signal et des images - du 24 au 30 juin 2012 14

### Stéréopsie et physiologie de la 3D

- Rendu monoscopique standard (modèle sténopé) : la scène est vue d'un œil et est projetée sur un plan de découpe (Near clipping plane) correspondant à la fenêtre (viewport) associée à l'écran

7777 école d'été de Peyresq en traitement du signal et des images - du 24 au 30 juin 2012 15

### Stéréopsie et physiologie de la 3D

7777 école d'été de Peyresq en traitement du signal et des images - du 24 au 30 juin 2012 16

### Stéréopsie et physiologie de la 3D

- Quantité de profondeur : parallaxe crée la perception de la profondeur relativement à l'écran (1/3 – 2/3). Lorsque la parallaxe est négative, les objets apparaissent devant l'écran
- Modèle de caméra à axes parallèles : pas d'effets de déformations, bonne restitution de la profondeur, nécessite un décalage d'images

En jaillissement    Écran    En creux

Œil gauche  
Vision monoculaire  
Œil droit

Parallaxe négative    Plan de collimation    Parallaxe positive

Quantité de profondeur (depth budget)

**CRéSTIC**

7777 école d'été de Peyresq en traitement du signal et des images – du 24 au 30 juin 2012 17

### Pipeline de production de contenus

**Création :**

- Multi vs. mono Caméra
- Holographique vs. Holoscopique
- Lumière structurée
- Caméra Time-Of-Flight (TOF)

**Représentation :**

- Pseudo 3D
- Dense Depth
- Surface-based vs. Point-based vs. Object-based
- Light field vs. Texture mapping
- Volumetric

**Compression :**

- Stereoscopic video coding
- Multiview video coding (MVC)
- Layer depth video coding (LDV)

**Affichage :**

- Stereoscopic based on eye-wear
- Autostereoscopic (lenticular vs. barrier)
- Integral imaging
- Holographic
- Volumetric

**Codage :**

- DVB-S, DVB-...
- IP/IPTV

**Transmission :**

- Satellite
- IP streaming/Internet
- 3G/4G
- Media (blu-ray disc)

**CRéSTIC**

7777 école d'été de Peyresq en traitement du signal et des images – du 24 au 30 juin 2012 18

### Pipeline de production de contenus

**Creation :** Applications 3D, Plugins, Sources externes

**Codage Transmission :** Codage d'images/videos multivues, H.264/AVC/MVC ou 3DTV Solutions (LDV)

**Diffusion :** 3DTV Video Player, Universal Driver

**Dimensionalized Experiences**

**Full Depth Rendering**

**CRéSTIC**

7777 école d'été de Peyresq en traitement du signal et des images – du 24 au 30 juin 2012 19

### Pipeline de production de contenus

**IMAGES REELLES** → 3DTV Caméras → TEMPS REEL → De 2 à n points de vues

**IMAGES VIRTUELLES** → 3DTV Software → TEMPS REEL

Intégration d'images

**REALITE AUGMENTEE**

**CRéSTIC**

7777 école d'été de Peyresq en traitement du signal et des images – du 24 au 30 juin 2012 20

**Partie 2**

Caractérisation des géométries de capture et de diffusion



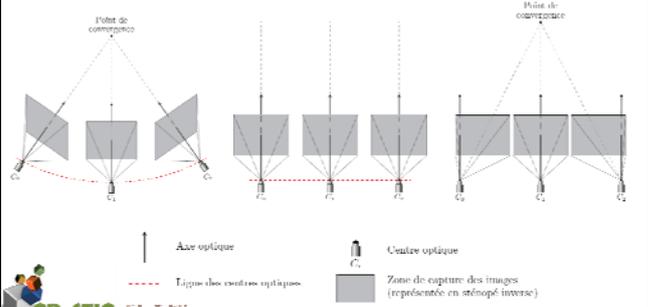
**Modèles de caméra**

- 3 types de géométrie de prises de vue multiples

Géométrie convergente

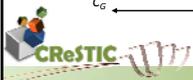
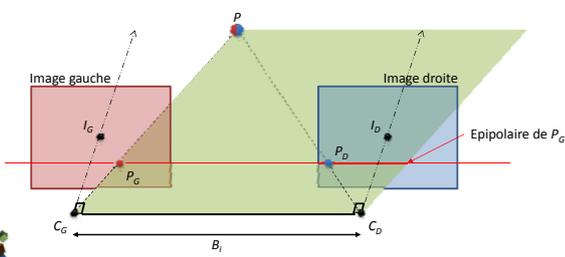
Géométrie parallèle

Géométrie parallèle décentrée



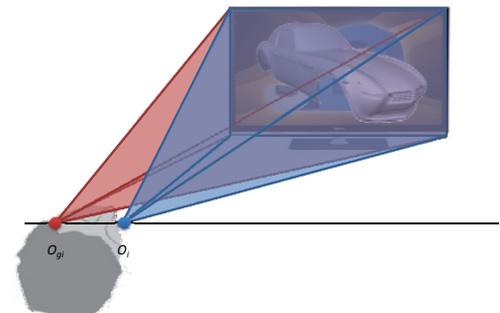
**Rappel sur la géométrie épipolaire simplifiée**

- Axes optiques
  - Parallèles entre eux
  - Perpendiculaire à la ligne des centres optiques
- Focales identiques
- Lignes des images parallèles à la ligne des centres optiques

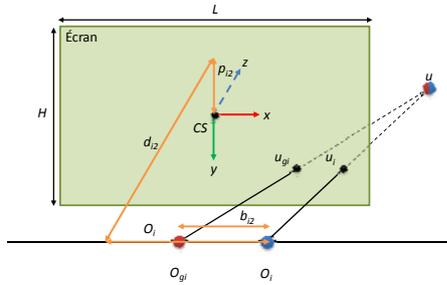


**Caractérisation de la géométrie de restitution**

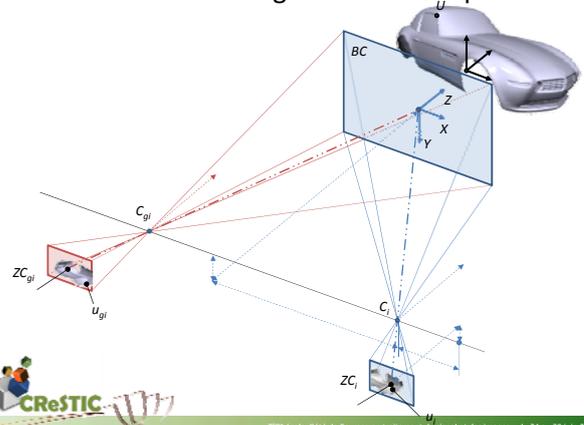
- Pour les dispositifs de restitution en relief illusoire par un mixage planaire multi-vues colocalisées



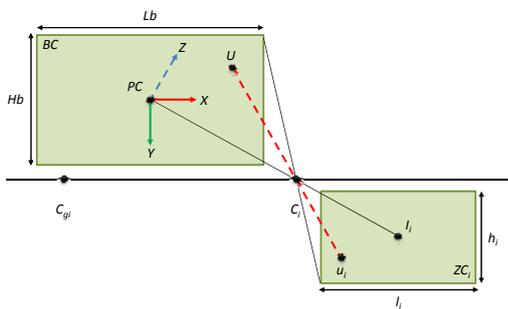
### Caractérisation de la géométrie de restitution



### Caractérisation de la géométrie de capture



### Caractérisation de la géométrie de capture



### Modèle de déformation

- Les coordonnées  $(X, Y, Z)$  dans le repère de référence  $R$  du point  $U$  de la scène capturée,
- avec les coordonnées  $(x, y, z)$  dans le repère de référence  $r$  de son homologue  $u_i$  perçu par un observateur

$$a_i \begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{i2} & \mu_i & \nu_i & 0 \\ 0 & \rho \mu_i & \delta_i & 0 \\ 0 & 0 & \frac{k_{i2}(\epsilon_i - 1)}{d_{i2}} & \epsilon_i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix}$$

- $k_{i2}$  → facteur de grossissement global
- $\epsilon_i$  → contrôle de la déformation non linéaire
- $\nu_i$  → taux de cisaillement horizontal/profondeur du relief perçu
- $\delta_i$  → taux de cisaillement vertical/profondeur du relief perçu
- $\mu_i$  → taux de grossissement relatif largeur/profondeur
- $\rho$  → taux de grossissement relatif hauteur/largeur

Effet relief parfait  $\epsilon_i = 1, \nu_i = 0, \delta_i = 0, \mu_i = 0, \rho = 1,$



### Modèle de déformation

- Jeu d'équations entre les paramètres

Matrice de déformation

Spécifications du dispositif de restitution multiscopique

Spécifications du dispositif de capture multi-vues

$k_1 = \frac{d_1}{L_1}$      $d_1 = \frac{L_1}{H_1}$   
 $s_1 = \frac{b_1}{L_1}$      $v_1 = \frac{c_1}{b_1} - \frac{o_1}{B_1}$   
 $u_1 = \frac{b_1}{B_1}$      $o_1 = \frac{d_1}{B_1} - \frac{p_1}{b_1} - \rho$

CRESTIC - 7<sup>ème</sup> école d'été de Peyresq en traitement du signal et des images - du 24 au 30 juin 2012 29

### Modèle de caméra

Caméra répondant à un géométrie à axes parallèles rectifiés : pas de déformations trapézoïdales, bonne restitution des profondeurs, nécessite d'adapter les ROI sur les capteurs, gestion explicite des paramètres de déformations

- FPGA supporte de 2 à 9 vues à 25 images/s
- Protocole de communication basé sur du CameraLink
- Capteur HD CMOS
- Gestion dynamique des ROI
- Colorisation (bayerisation) sur la volée sur les données brutes
- Support HDRI (10bits/p) avec un temps d'exposition adapté par vue
- Requiert une phase d'étalonnage (colorimétrique & géométrique)

CRESTIC - 7<sup>ème</sup> école d'été de Peyresq en traitement du signal et des images - du 24 au 30 juin 2012 30

### Partie 3

Reconstruction du relief

CRESTIC - 7<sup>ème</sup> école d'été de Peyresq en traitement du signal et des images - du 24 au 30 juin 2012 31

### Disparité vs. profondeur

- Exploitation des disparités

disparité =  $\frac{K}{\text{profondeur}}$

- Approches multi-vues dans le cadre de la géométrie épipolaire simplifiée
  - Plus forte redondance donc *a priori* plus robustes
  - Parfaitement adapté aux dispositifs de restitution en relief illusoire par un mixage planaire multi-vues colocalisées

CRESTIC - 7<sup>ème</sup> école d'été de Peyresq en traitement du signal et des images - du 24 au 30 juin 2012 32

### Disparités, oui mais ...

- Incohérences des cartes de disparités

Les pixels ●, ● et ● sont-ils des redondances ou des occultations ?

Résultats différents pour les deux yeux

**CReSTIC** 7777 école d'été de Peyresq en traitement du signal et des images - du 24 au 30 juin 2012 33

### Taxonomie des approches

- Approches par régions
  - Réputées pour obtenir les meilleurs résultats sur les séquences de référence (<http://vision.middlebury.edu/stereo>)

- Contraintes
  - Suppose une scène contrastée
  - Asymétrique d'une image à l'autre

**CReSTIC** 7777 école d'été de Peyresq en traitement du signal et des images - du 24 au 30 juin 2012 34

### Taxonomie des approches

- Approches par corrélation
  - Compatibles avec le temps réel

- Contraintes
  - Gestion précise des occultations est impossible
  - Cohérence d'une carte de disparité à l'autre est impossible à assurer

**CReSTIC** 7777 école d'été de Peyresq en traitement du signal et des images - du 24 au 30 juin 2012 35

### Taxonomie des approches

- Approches par méthodes symétriques
  - Gèrent les images multi-vues
  - Permettent des interdépendances entre cartes de disparité

**P** : ensemble des pixels des N images  
**f** : fonction de disparité  
**E(f)** : fonction d'énergie

**But** : trouver la fonction de disparité **f** qui minimise **E(f)**.

$$E(f) = S(f) + L(f) + O(f)$$

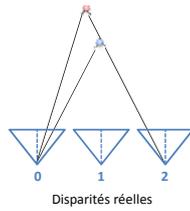
↑ Similarité   
 ↑ Lissage   
 ↑ Occultation

- Contraintes
  - N'assure pas la suppression de toutes les incohérences
  - Ne définit pas exactement les redondances et occultations de la scène

**CReSTIC** 7777 école d'été de Peyresq en traitement du signal et des images - du 24 au 30 juin 2012 36

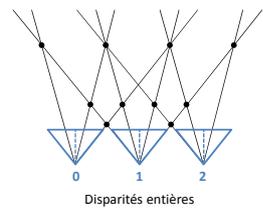
### Évaluation des disparités

- Méthodes usuelles
  - Utilisation de disparités réelles
  - Ambiguïtés dues aux valeurs réelles
  - Produit des artefacts de craquelures lors de la reconstruction
- Notre approche
  - Utilisation de disparités entières
  - Mise en correspondance exacte des pixels appartenant à chaque vue



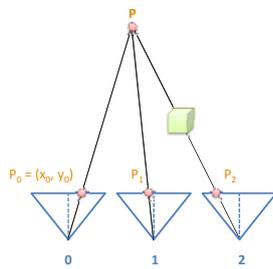
### Évaluation des disparités

- Méthodes usuelles
  - Utilisation de disparités réelles
  - Ambiguïtés dues aux valeurs réelles
  - Produit des artefacts de craquelures lors de la reconstruction
- Notre approche
  - Utilisation de disparités entières
  - Mise en correspondance exacte des pixels appartenant à chaque vue



### Génération des LDI

- Match → ensemble de pixels qui sont la projection d'un même point P



Le match  $m = \{ P_0, P_1, P_2 \}$  est défini par :

$$m_x = x_0$$

$$m_y = y_0$$

$$m_d \in \mathbb{Z}$$

Géométrie épipolaire simplifiée :

$$x_i = m_x - m_d \times i$$

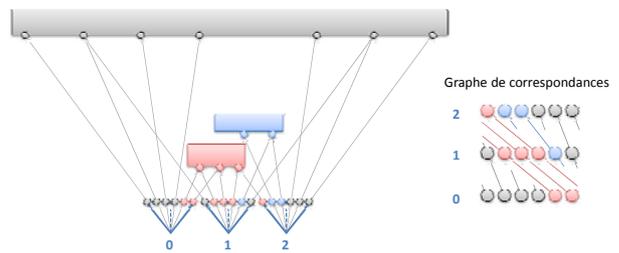
$$y_i = m_y$$

Définition exacte des redondances et des occultations



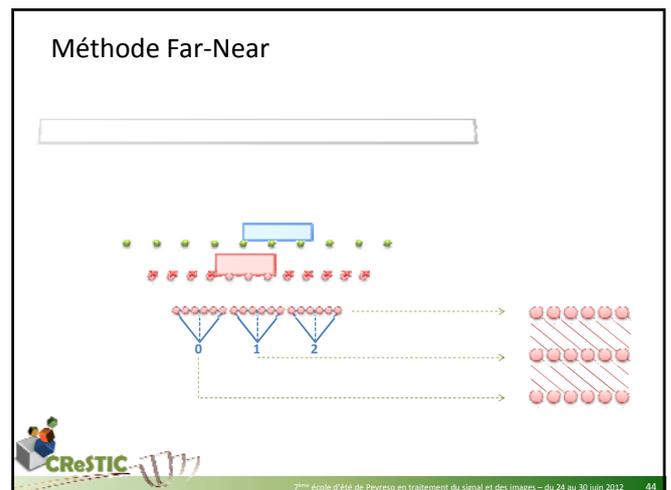
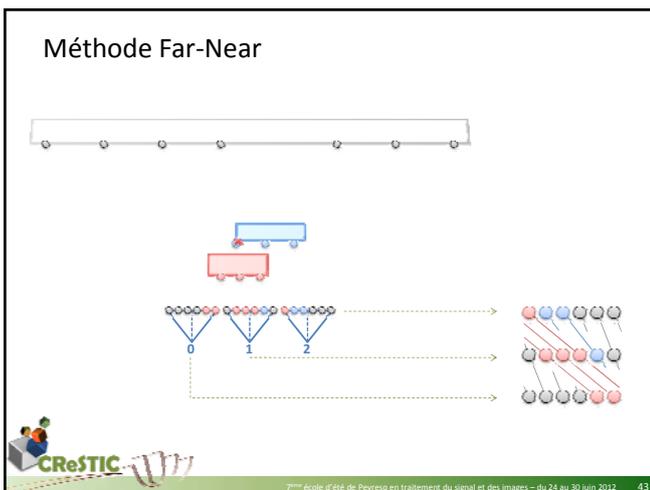
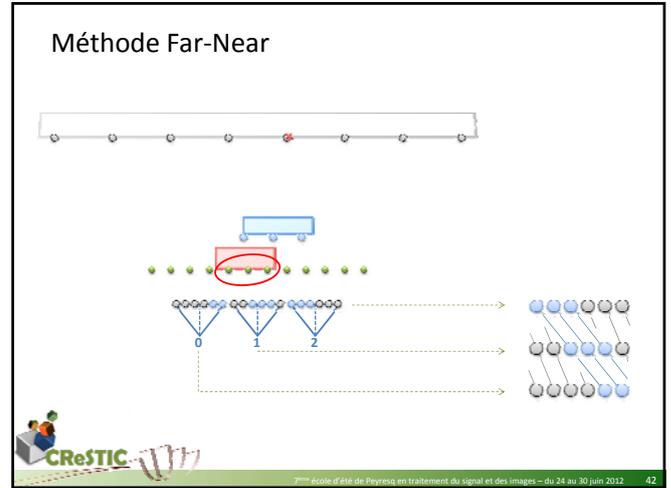
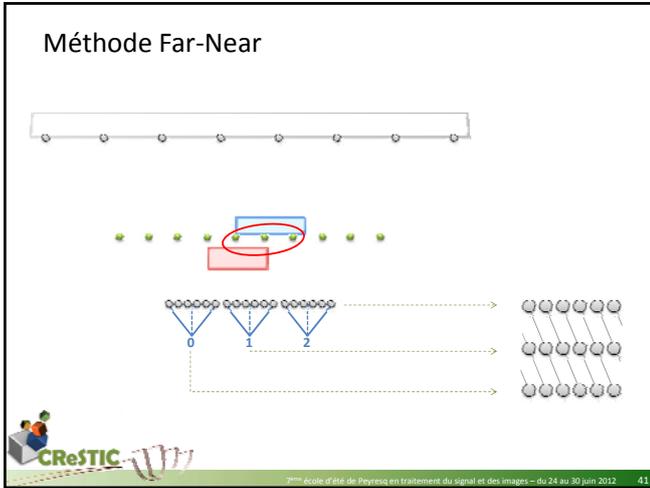
### Génération des LDI

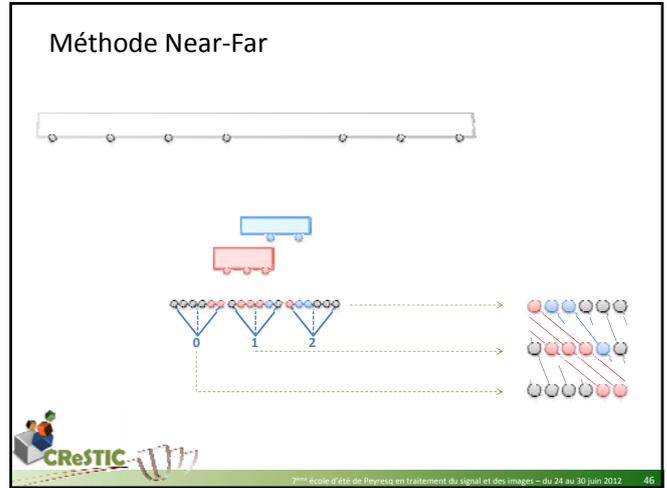
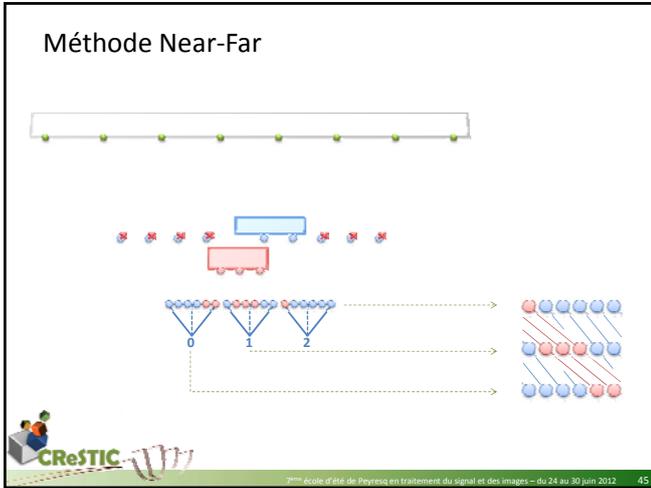
- Les matchs forment une **partition** de l'ensemble des pixels



Trouver une partition qui décrit au mieux la scène (contrainte d'homogénéité)





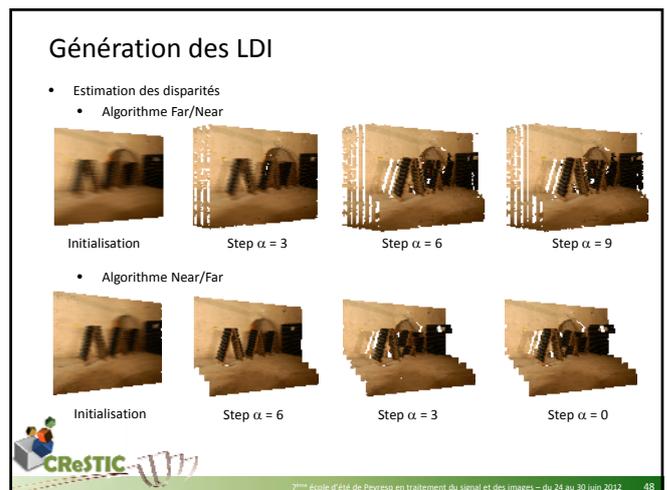


### Génération des LDI

- Estimation des disparités

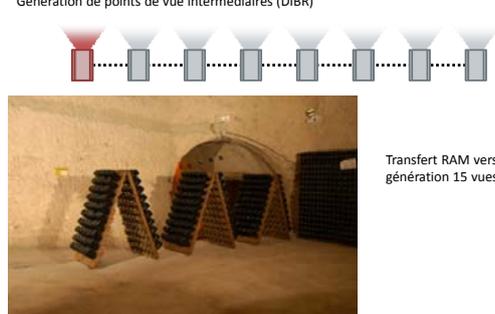
Méthode d'estimation des disparités	Far/Near	Near/Far
Type de méthode	Locale (par pixel)	Globale
Initialisation de la partition	Disparités les plus faibles	Disparités les plus fortes
Ordre de parcours des disparités	Ordre croissant	Ordre décroissant
Sélection de la valeur de disparité	Minimisation de la SSAD	Minimisation de la SAD + occlusions + lissage
Contrainte d'homogénéité	Naturellement satisfaite	Coupe de graphe
Avantages	Faible coût algorithmique	Génère des cartes de disparités plus précises

7777 école d'été de Peyresq en traitement du signal et des images - du 24 au 30 juin 2012 47



### Reconstruction des vues et applications

- Génération de points de vue intermédiaires (DIBR)



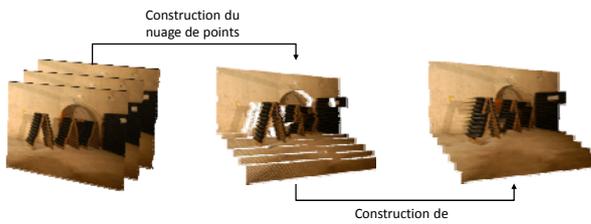
Transfert RAM vers GPU +  
génération 15 vues : **21.1 ms**

**CReSTIC**

7<sup>ème</sup> école d'été de Peyresq en traitement du signal et des images – du 24 au 30 juin 2012 49

### Reconstruction des vues et applications

- Génération de maillages



Construction du nuage de points

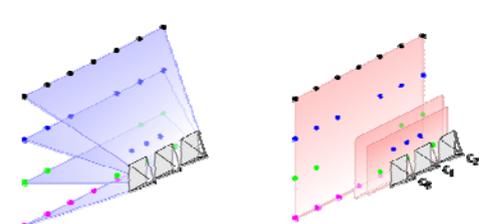
Construction de la surface

**CReSTIC**

7<sup>ème</sup> école d'été de Peyresq en traitement du signal et des images – du 24 au 30 juin 2012 50

### Reconstruction des vues et applications

- Particularité du nuage de points
  - Les points sont les projections de pixels
  - Les profondeurs sont issues de disparités entières

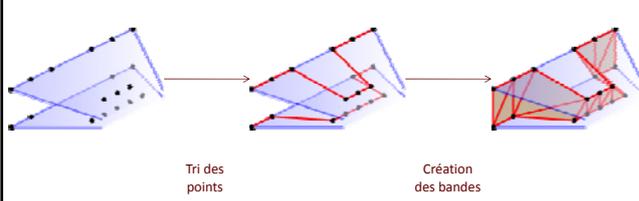


**CReSTIC**

7<sup>ème</sup> école d'été de Peyresq en traitement du signal et des images – du 24 au 30 juin 2012 51

### Reconstruction des vues et applications

- Algorithme de reconstruction
  - Trier les points de chaque plan épipolaire
  - Créer une bande de triangles entre chaque paire de plans épipolaires



Tri des points

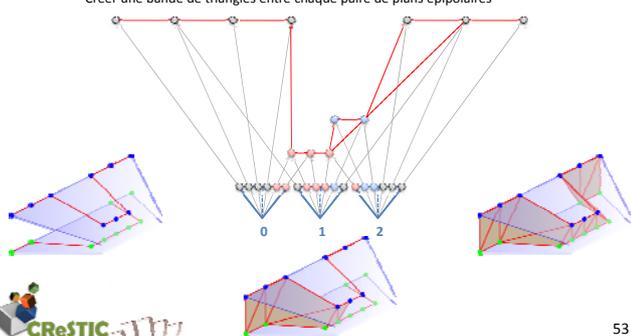
Création des bandes

**CReSTIC**

7<sup>ème</sup> école d'été de Peyresq en traitement du signal et des images – du 24 au 30 juin 2012 52

## Reconstruction des vues et applications

- Algorithme de reconstruction
  - Trier les points de chaque plan épipolaire
  - Créer une bande de triangles entre chaque paire de plans épipolaires



53

7777 école d'été de Peyresq en traitement du signal et des images - du 24 au 30 juin 2012

## Partie 4

### Compression de flux multi-vues

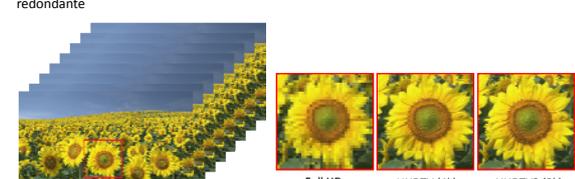


54

7777 école d'été de Peyresq en traitement du signal et des images - du 24 au 30 juin 2012

## Pourquoi compresser ?

- Capture multi-vues de scènes 3D génère une grande quantité d'information fortement redondante



- Dispositifs de restitution en constante évolution
  - Résolution :
    - Full HD : 1920 x 1080 (2006)
    - UHDTV (4K) : 3840 x 2160 (2009)
    - UHDTV2 (8K) : 7680 x 4320 (2009)
  - Fréquence d'affichage
  - Fonction 3D (stéréoscopique, auto-stéréoscopique, ...)

55

7777 école d'été de Peyresq en traitement du signal et des images - du 24 au 30 juin 2012

## État de l'art

- Méthodes MVD (Multiview Video plus Depth) : conserve uniquement un jeu restreint de vues ainsi que les cartes de profondeur associées.
  - + Permet la synthèse de points de vue intermédiaires
  - Redondance significative au sein des vues gardées
  - Les zones occultées dans les vues gardées ne peuvent pas être précisément reconstruites
- Méthodes basées sur la re-projection des vues : compresse l'ensemble des vues re-projetées selon une vue de référence à l'aide d'un schéma basé DCT-3D.
  - + Exploite la corrélation entre les vues
  - Synthèse de points de vues intermédiaires impossible
- H264 / MultiView Coding (Vidéo) : standard proposé par le groupe MPEG, extension 2D du schéma de prédiction inter/intra frame.
  - + Exploite la corrélation inter-vues et grande flexibilité d'encodage
  - Gain par rapport à H264/AVC relativement faible (20%)
  - Encodage/Décodage coûteux en temps de calcul
- Méthodes basées LDV (Layered Depth Video) : élimine l'information redondante entre chaque vues
  - + Exploite la corrélation inter-vues et permet la synthèse de points de vues intermédiaires
  - Nécessite des cartes de profondeur précises pour éviter toutes ambiguïtés
  - Pas de standard

3DVC (3D Video Coding) futur standard en cours de normalisation

56

7777 école d'été de Peyresq en traitement du signal et des images - du 24 au 30 juin 2012

### Schéma de compression LDV

- Génération des LDI
- Compression de la texture de disparité
  - Base de notre processus de reconstruction du à l'agrégation des pixels dans la texture chromatique
  - Doit être compressée sans pertes
  - Plusieurs solutions (approche basée contextes (JPEG-LS), basée DWT (JPEG2000 lossless mode ou basée LZW (PNG))
- Compression de la texture chromatique

7777 école d'été de Peyresq en traitement du signal et des images – du 24 au 30 juin 2012 57

### Schéma de compression LDV

- Génération des LDI
- Compression de la texture de disparité
  - Base de notre processus de reconstruction du à l'agrégation des pixels dans la texture chromatique
  - Doit être compressée sans pertes
  - Plusieurs solutions (approche basée contextes (JPEG-LS), basée DWT (JPEG2000 lossless mode ou basée LZW (PNG))
- Compression de la texture chromatique (SA-DWT Ondelette Daubechies 9/7 + SPIHT)

7777 école d'été de Peyresq en traitement du signal et des images – du 24 au 30 juin 2012 58

### Génération des LDI

- Extraction des layers

Occupation = 4%

7777 école d'été de Peyresq en traitement du signal et des images – du 24 au 30 juin 2012 59

### Compression du LDI

- Compression de la texture chromatique
  - 1 - Prétraitements
    - Agrégation horizontale des pixels provenant des layers résiduels  $L_{i,R} (i>0)$
    - Maximise le nombre de blocs 3D vides
- 2 - Conversion RGB vers YUV
 
$$\begin{cases} Y = 0.299 * R + 0.587 * G + 0.114 * B \\ U = -0.14713 * R - 0.28886 * G + 0.436 * B \\ V = 0.615 * R - 0.51498 * G - 0.100001 * B \end{cases}$$
  - Par défaut, les composantes U et V ne sont pas sous-échantillonnées (4:4:4)

7777 école d'été de Peyresq en traitement du signal et des images – du 24 au 30 juin 2012 60

## Compression du LDI

- Compression de la texture chromatique
    - 3 - Transformée DCT
      - Utilisation de la deuxième forme de la DCT 1D séparable (permet un calcul rapide)
- $$X_k = \sqrt{\frac{2}{N}} C(k) \sum_{n=0}^{N-1} x_n \cos \left[ \frac{\pi}{N} \left( n + \frac{1}{2} \right) k \right], \forall k \in [0, N-1] \quad C(k) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}}, & \text{if } k = 0 \\ 1, & \text{else} \end{cases}$$
- Layer de référence : DCT 2D séparable sur des blocks 8\*8
  - Layers résiduels : placés dans un cube 3D (de 8 tranches), DCT 3D séparable sur des blocks 8\*8\*8



7777 école d'été de Peyresq en traitement du signal et des images - du 24 au 30 juin 2012 61

## Compression du LDI

- Compression de la texture chromatique
  - 4 - Quantification
    - Basée sur H.264/AVC (facteur de qualité  $\in [0, 51]$ )
  - 5 - Processus de parcours
    - Cas 2D : Parcours zig-zag standard
    - Cas 3D : Plusieurs approches possibles
      - Méthode de l'isoplan (Yeo et al. 1995)
      - Méthode du tri multi-critère (Chan et al. 1997)
        - Trier les valeurs de quantification et les localisations associées par ordre croissant. En cas de valeurs égales, privilégier d'abord les localisations proches des axes du cube 3D
  - 6 - Codage entropique
    - Codeur entropique de type Huffman (JPEG)
    - 4 tables de Huffman (DC luminance & chrominance, AC luminance & chrominance)
    - Problème du cas 3D
      - Dans un bloc 3D 8\*8\*8, DC  $\in [0, 5770]$
      - De tels coefficients non pris en charge par des tables standards ([0, 2047])
      - Extension des tables de Huffman



7777 école d'été de Peyresq en traitement du signal et des images - du 24 au 30 juin 2012 62

## Reconstruction des vues à la décompression



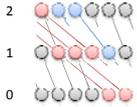
7777 école d'été de Peyresq en traitement du signal et des images - du 24 au 30 juin 2012 63

## Reconstruction des vues à la décompression



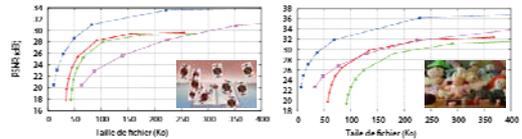
7777 école d'été de Peyresq en traitement du signal et des images - du 24 au 30 juin 2012 64

### Reconstruction des vues à la décompression



### Quelques résultats

- Protocole :
  - Encodage H264 (JM 17.2, YUV 4:4:4, 2 profils (CABAC / CAVLC))
    - Mode d'encodage Intra (Fournit une bonne cohérence entre les vues)
    - 2 profils (CABAC / CAVLC)
  - Notre approche (Locale : Far/Near et Globale : Near/Far)
  - Deux séquences de test (cards et dolls)
  - Machine de test : processeur i7 920, nVidia GTX 480



Géométrie parallèle décentrée  
Distance inter-optique (B) de 59mm

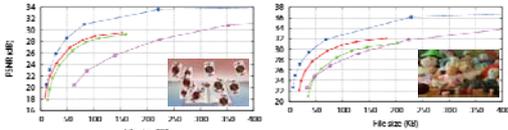
Géométrie parallèle  
Distance inter-optique (B) de 160mm

Master approche Far - Near - Far  
 Master approche Near - Far - Near  
 H.264/AVC profil 1  
 H.264/AVC profil 2



### Quelques résultats

- Protocole :
  - Encodage H264 (JM 17.2, YUV 4:4:4, 2 profils (CABAC / CAVLC))
    - Mode d'encodage Intra (Fournit une bonne cohérence entre les vues)
    - 2 profils (CABAC / CAVLC)
  - Notre approche (Locale : Far/Near et Globale : Near/Far)
  - Deux séquences de test (cards et dolls)
  - Machine de test : processeur i7 920, nVidia GTX 480



Géométrie parallèle décentrée  
Distance inter-optique (B) de 59mm

Géométrie parallèle  
Distance inter-optique (B) de 160mm

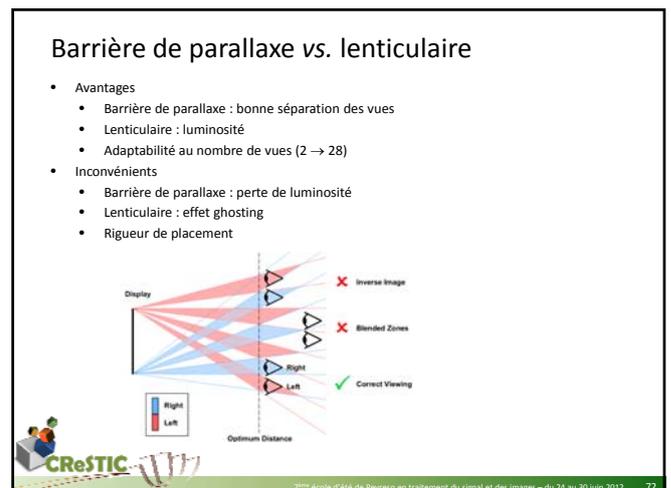
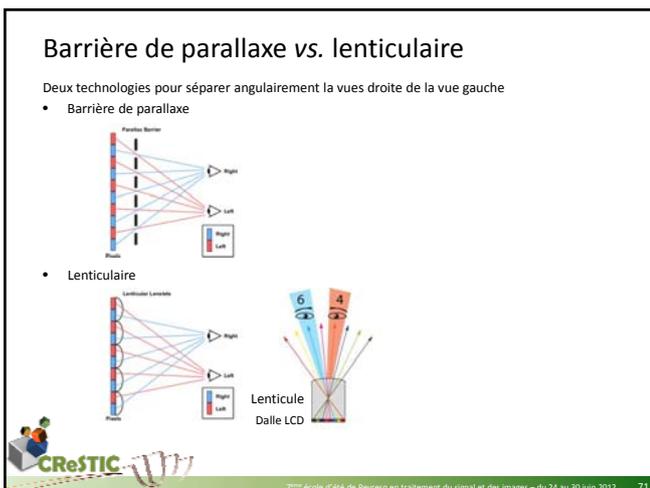
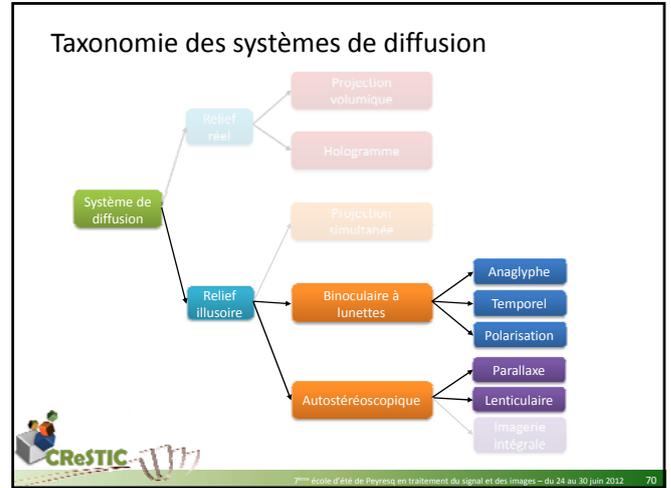
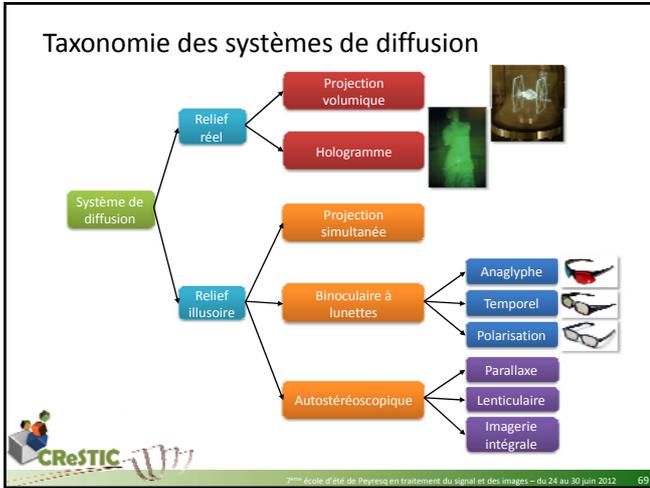
Master approche Far - Near - Far  
 Master approche Near - Far - Near  
 H.264/AVC profil 1  
 H.264/AVC profil 2



### Partie 5

Affichage relief autostéréoscopique





### Principe d'adressage

- Auto-stéréoscopie → Multiplexage spatial des  $n$ -vues

The diagram shows a 3D perspective of a display grid. The grid is composed of small squares, each representing a pixel. The top row is labeled 'R G B R G B R G B R G B R G B R G B'. Below this, the grid is divided into columns numbered 1 through 8. Each column contains a sequence of colored pixels (red, green, blue) and numbers, illustrating the spatial multiplexing of multiple views.

**CRESTIC**

7777 école d'été de Peyresq en traitement du signal et des images – du 24 au 30 juin 2012 73

### Principe d'adressage

- Auto-stéréoscopie → Multiplexage spatial des  $n$ -vues
- Grande variabilité dans les modes d'adressage

The diagram illustrates different multiplexing patterns for spatial multiplexing. On the left, there are two patterns: vertical stripes of red, green, and blue, and a checkerboard pattern of red, green, and blue. Below these, there are more complex patterns with numbers 1-8. On the right, there is a 3D perspective of a display grid.

**CRESTIC**

7777 école d'été de Peyresq en traitement du signal et des images – du 24 au 30 juin 2012 74

### Principe d'adressage

Une plateforme de rendu auto-stéréoscopique indépendante du hardware. Elle fonctionne comme une surcouche OpenGL supportant de multiples filtres stéréo adaptée à affichage en temps réel (GPU)

- Les écrans auto-stéréoscopiques se démocratisent et de nombreux modèles existent, tous différents
- Peu d'applications temps réel adaptées à ce jour

The architecture diagram shows a stack of components. At the top, there are application boxes labeled 'App 1', 'App 2', 'App 3', ..., 'App m'. These applications feed into a central orange box labeled '3DTV Solutions Toolkit'. Below this toolkit, there is another layer of application boxes labeled 'App 1', 'App 2', 'App 3', ..., 'App m'. This layer feeds into a blue box labeled 'OpenGL/CUDA'. Finally, the output goes to multiple displays labeled 'Display 1', 'Display 2', 'Display 3', ..., 'Display m'.

**CRESTIC**

7777 école d'été de Peyresq en traitement du signal et des images – du 24 au 30 juin 2012 75

### Principe d'adressage

The diagram shows a pipeline from 'Vues' (Views) to 'Filtres' (Filters) to a final image. The 'Vues' section shows multiple views of a scene (a building interior) labeled 1, 2, ..., n. The 'Filtres' section shows a checkerboard pattern. A code snippet for a fragment shader is shown:

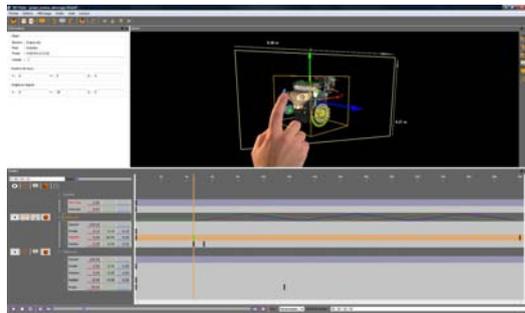
```
#version 120 Zalman
uniform sampler2D u_view;
uniform int u_view_number;
void main()
{
    if(mod(gl_FragCoord.y+u_view_number, 2.0)<1.0)
    {
        gl_FragColor = texture2D(u_view, gl_TexCoord[0].st);
    }
    else
    {
        gl_FragColor = vec4(0.0, 0.0, 0.0, 0.0);
    }
}
```

**CRESTIC**

7777 école d'été de Peyresq en traitement du signal et des images – du 24 au 30 juin 2012 76

## Démonstration

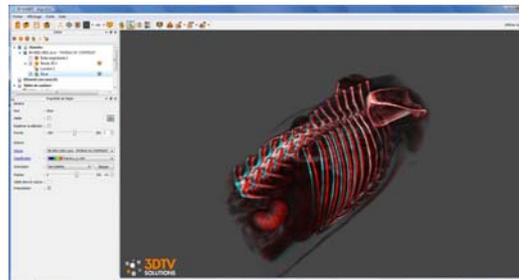
- 3DTricks



7777 école d'été de Peyresq en traitement du signal et des images – du 24 au 30 juin 2012 77

## Démonstration

- 3DVizMED



Pour plus d'informations, voir thèse J. PrévotEAU URCA 2012

7777 école d'été de Peyresq en traitement du signal et des images – du 24 au 30 juin 2012 78

## Démonstration

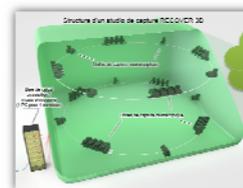
- 3DEnhancer



7777 école d'été de Peyresq en traitement du signal et des images – du 24 au 30 juin 2012 79

## Conclusion et perspectives

- Chaîne de traitement complète et cohérente dédiée au relief 3D auto-stéréoscopique
  - Capture : caractérisation des géométries de capture et de restitution d'images reliefs
    - Projet Technologies des contenus numériques : RECOVER3D (2012-2014)



Nous cherchons un IGR sur ce projet



- Extension à l'imagerie HDR
- Codage et transmission : carte de profondeur, schéma de compression basé LDI
- Diffusion : support multi-écran



7777 école d'été de Peyresq en traitement du signal et des images – du 24 au 30 juin 2012 80