

CReSTIC
crestic.univ-reims.fr

INS
ECOLE DOCTORALE

Vidéo Relief 3D
De l'acquisition à la diffusion

L. Lucas

©2012 CReSTIC. Tous droits réservés

Merci à

mes collègues

Y. Remion, C. Loscos, S. Prévost, G. Valette, P. Vautrot, J.M. Nourrit, A. Benassarou, R. Guillemot, H. Deleau
J. Bonnard, L. Blache, I. Muhannad

nos partenaires

OPEXMedia (B. Battin, J. Lehuraux, D. Debons)
XD Productions (C. Niquin, P. Souchet, J. Peyrache)

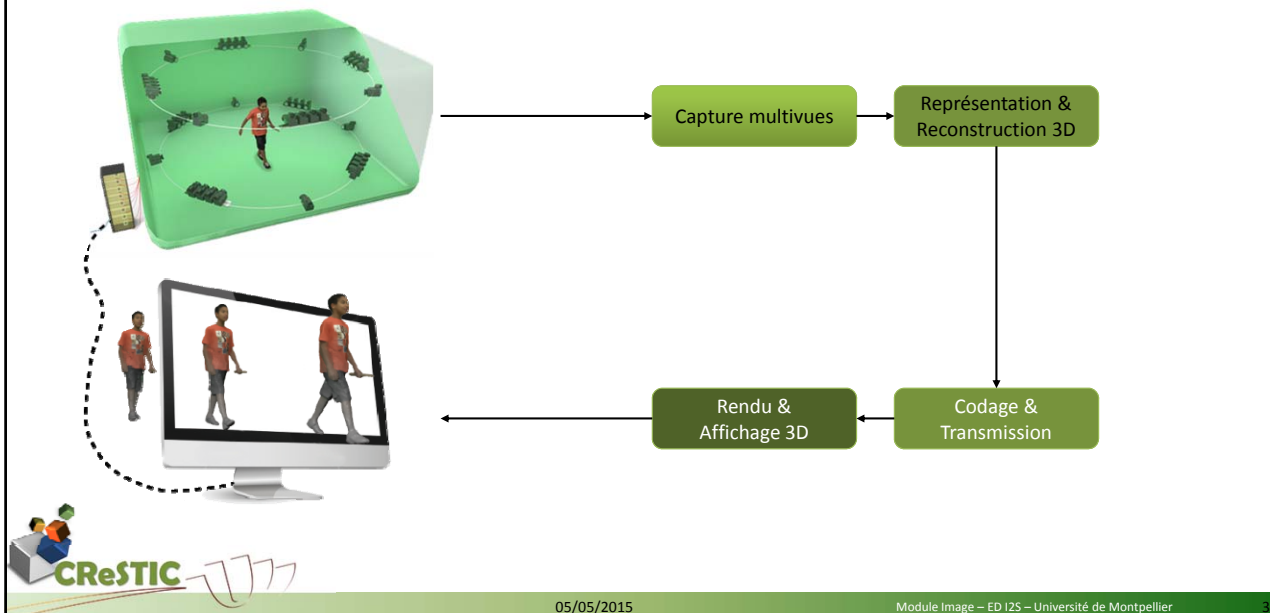
nos financeurs



Contact : laurent.lucas@univ-reims.fr







Vidéo 3D oui mais ... quelle vidéo 3D ?



Vidéo 3D oui mais ... quelle vidéo 3D ?

- ▶ Systèmes binoculaires
 - ▶ RIG stéréoscopique



- ▶ Systèmes multi-vues
 - ▶ Latéraux ou directionnels (rectiligne, grille)
 - ▶ Linéiques ou grille (Camera Array)
 - ▶ Plénoptique
- ▶ Englobants ou omni-directionnels

05/05/2015 Module Image – ED I2S – Université de Montpellier 4

Vision ou vidéo 3D, quel paradigme ?

- ▶ Représentation algorithmique de la vision humaine
 - ▶ Paradigme de traitement de l'information visuelle opère généralement selon deux voies
 - ▶ Ascendante (passage de l'information sensorielle à la représentation abstraite)
 - ▶ Descendante (passage des primitives de l'image à l'ensemble des objets connus)

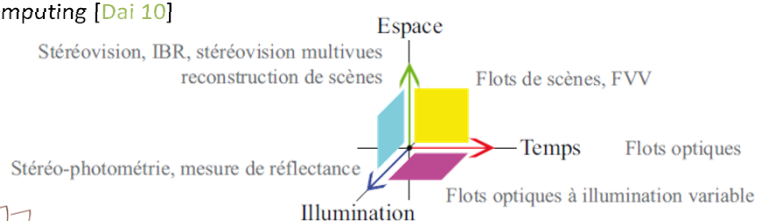
- ▶ Primal sketch [Marr 82]

- ▶ Représentation fonctionnelle dite plénoptique [Adelson 91]

$$\mathcal{P} : \mathbb{R}^3 \times \mathbb{R}/2\pi\mathbb{Z} \times \mathbb{R}/\pi\mathbb{Z} \times \mathbb{R}^+ \times \mathbb{R} \longrightarrow \mathbb{R}^+$$

$$((x, y, z), (\phi, \theta), \lambda, t) \longrightarrow \mathcal{P}(x, y, z, \phi, \theta, \lambda, t)$$

- ▶ Vision Field Computing [Dai 10]



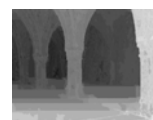
05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

5

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
- ▶ Compression de flux vidéo multi-vues : approches LDI
 - ▶ Génération et compression des LDI
 - ▶ Reconstruction des vues
- ▶ Affichage autostéréoscopique
- ▶ Applications, conclusion, perspectives et démos



05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

6

Partie 1

Fondements



05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

7

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

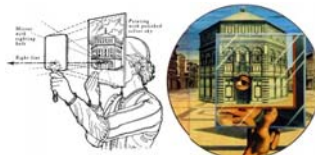
- ▶ Le terme « 3D » repose sur un ensemble de techniques issues de conception assistée par ordinateur qui permet de représenter des objets en perspective sur un écran ordinateur. La « 3D » est encore affichées à plat aujourd'hui.
- ▶ Ce principe de représentation commence à être « théoriser » à la Renaissance.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



Perspectographe de Dürer



La Cité idéale, 1475, Piero della Francesca



L'expérience de Brunelleschi

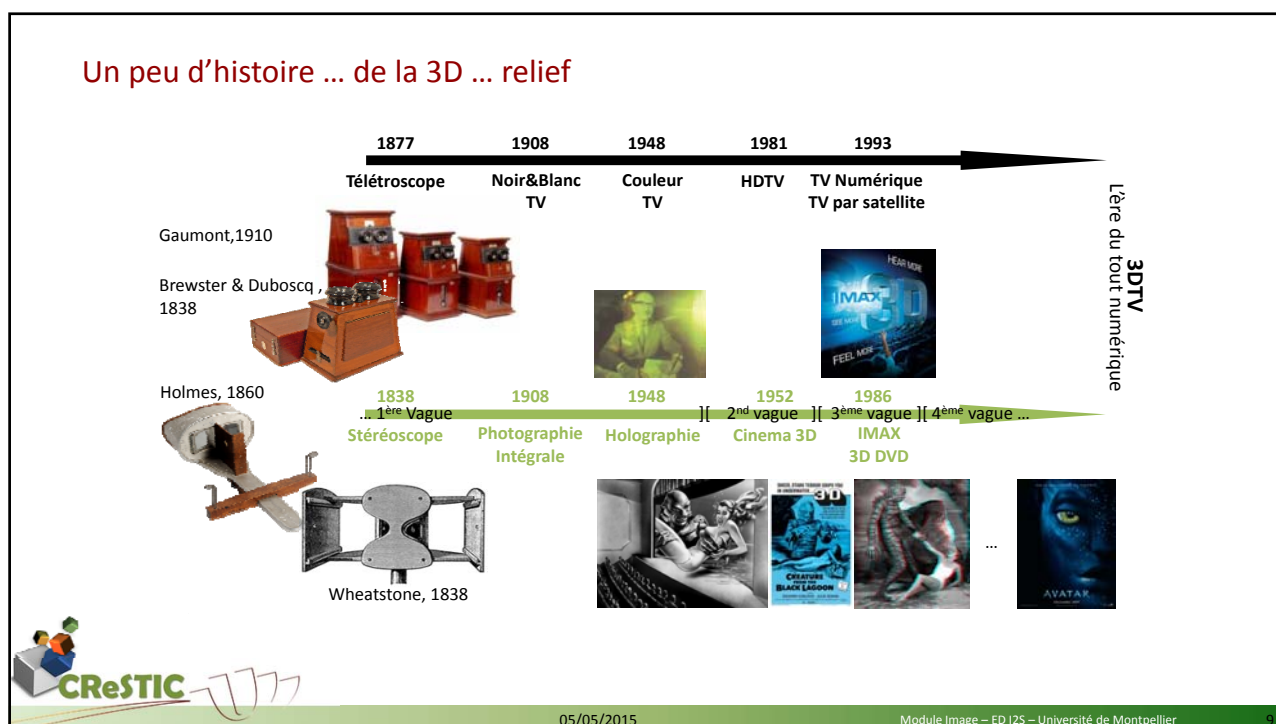


05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

8

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



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

Stéréopsie 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



05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

11

Stéréopsie 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



05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

12

Stéréopsie et physiologie de la 3D

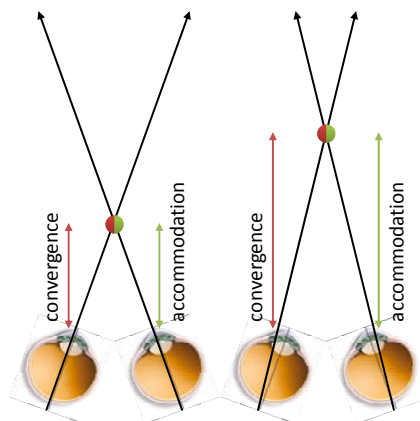
▶ Le système visuel humain (HVS) est un système complexe. La perception du relief mobilise :

▶ Sources subjectives

- ▶ Indices psychophysiques (théorie de Gestalt)
- ▶ Indices graphiques
- ▶ Indices dynamiques

▶ Sources objectives

- ▶ Informations oculaires
 - ▶ Convergence
 - ▶ Accommodation
- ▶ Informations stéréoscopiques



▶ Limites physiologiques



05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

13

Stéréopsie et physiologie de la 3D

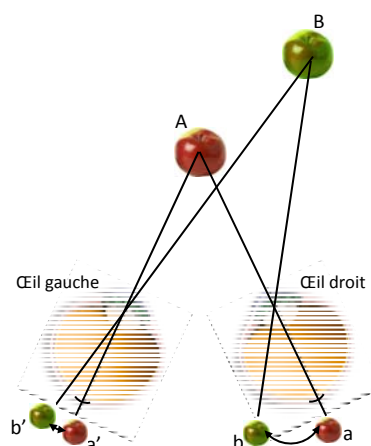
▶ Le système visuel humain (HVS) est un système complexe. La perception du relief mobilise :

▶ Sources subjectives

- ▶ Indices psychophysiques (théorie de Gestalt)
- ▶ Indices graphiques
- ▶ Indices dynamiques

▶ Sources objectives

- ▶ Informations oculaires
- ▶ Informations stéréoscopiques
 - ▶ Vision binoculaire
 - ▶ Disparité rétinienne



▶ Limites physiologiques



05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

14

Stéréopsie et physiologie de la 3D

▶ Le système visuel humain (HVS) est un système complexe. La perception du relief mobilise :

▶ Sources subjectives

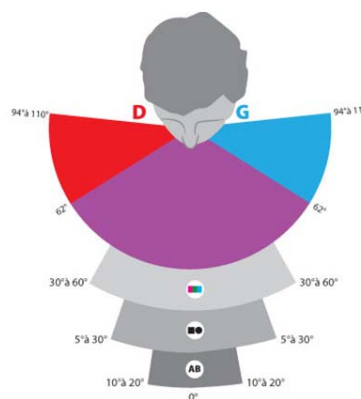
- ▶ Indices psychophysiques (théorie de Gestalt)
- ▶ Indices graphiques
- ▶ Indices dynamiques

▶ Sources objectives

- ▶ Informations oculaires
- ▶ Informations stéréoscopiques

▶ Limites physiologiques

- ▶ Acuité maximale $\approx 3^\circ$



05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

15

Stéréopsie et physiologie de la 3D

▶ Le système visuel humain (HVS) est un système complexe. La perception du relief mobilise :

▶ Sources subjectives

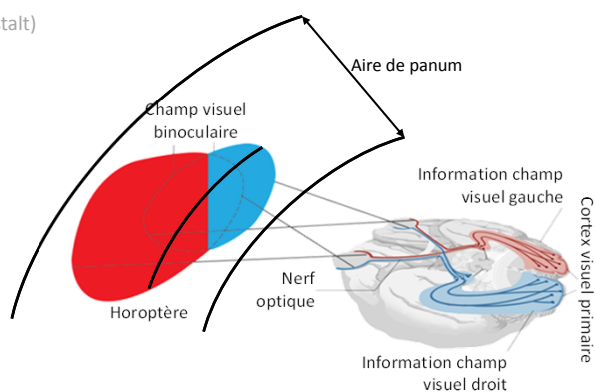
- ▶ Indices psychophysiques (théorie de Gestalt)
- ▶ Indices graphiques
- ▶ Indices dynamiques

▶ Sources objectives

- ▶ Informations oculaires
- ▶ Informations stéréoscopiques

▶ Limites physiologiques

- ▶ Acuité maximale $\approx 3^\circ$



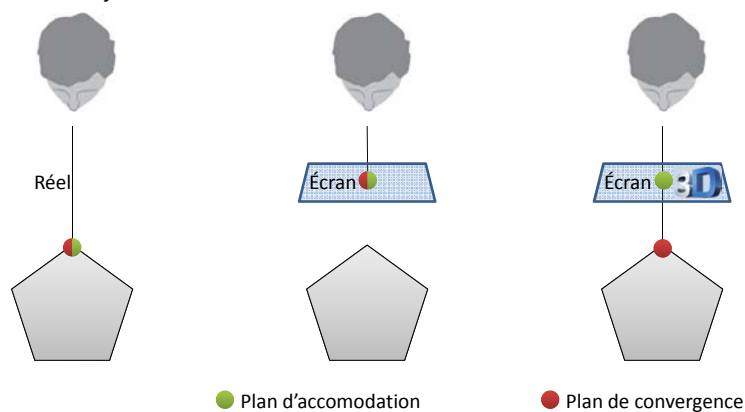
05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

16

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.



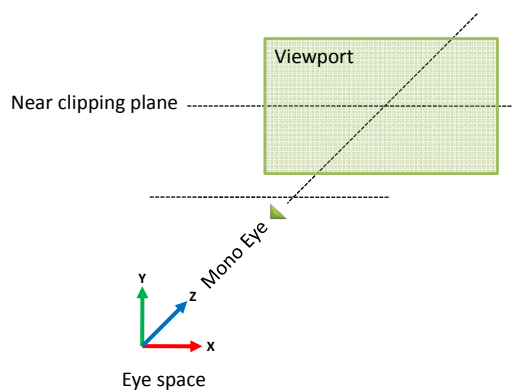
05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

17

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.

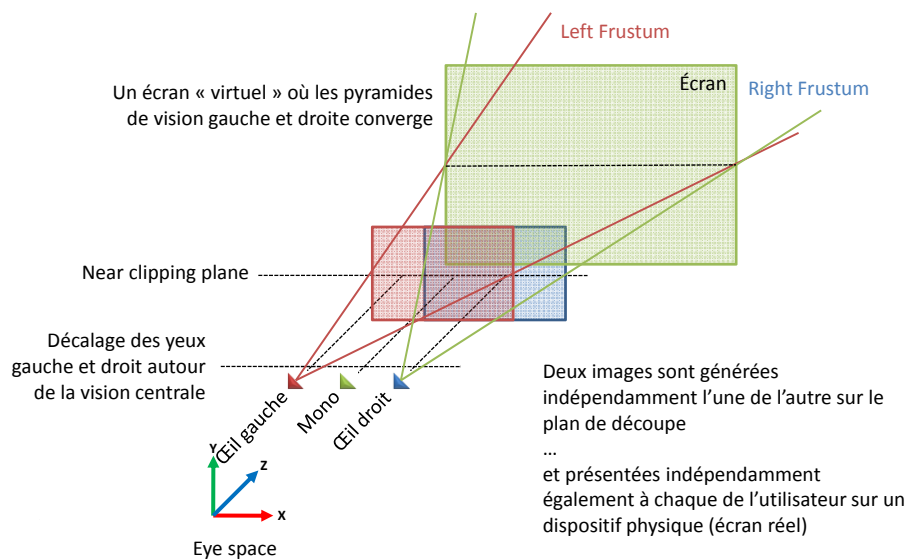


05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

18

Stéréopsie et physiologie de la 3D



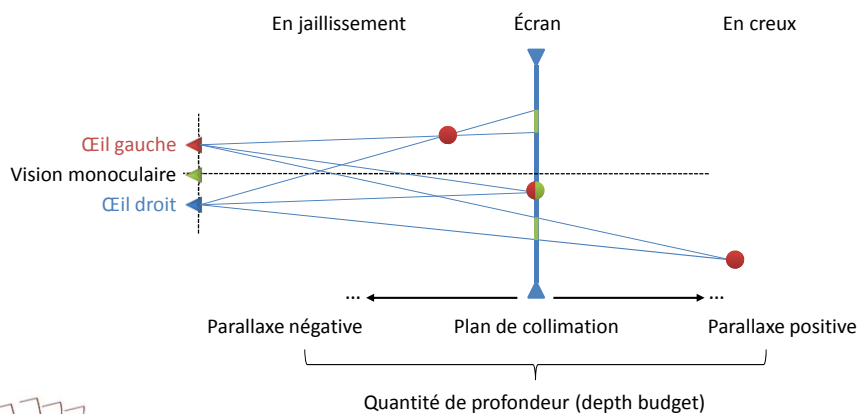
05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

19

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.



05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

20

Partie 2

Caractérisation des géométries de capture et de diffusion



Différents systèmes d'acquisition multi-vues

- ▶ Pourquoi prendre plusieurs clichés d'une même scène ?
 - ▶ Visualisation 3D de vidéos capturées
 - ▶ Reconstruction de scène réelles
 - ▶ Reconstruction 2.5D (profondeur)
 - ▶ Reconstruction 3D texturés ou non (digital models)
 - ▶ Capture de mouvements (MoCap – utilisée pour l'animation)
 - ▶ Image compositing (ajustements/rééclairage)
 - ▶ Mosaicking (panorama ou images THD)
 - ▶ Effet de type Frozen time ou Bullet time
 - ▶ Réalité virtuelle ou réalité mixte
 - ▶ Recalcul de point de vue intermédiaires (Free Viewpoint Vidéo ou TV)
 - ▶ Réajustement du focus (refocusing)



Différents systèmes d'acquisition multi-vues

Systèmes	Binoculaire	Multi-vues Latéral/directionnel	Global Omnidirectionnel
Visualisation vidéo 3D	X	X	
2.5D/profondeur	X	X	
Modélisation 3D		X	X
MoCap			X
Compositing	X	X	X
Mosaicking		X	
Frozen time		X	X
Bullet time			X
Réalité Augmentée	X	X	X
Free Viewpoint Video		X	X
Refocusing		X	



05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

23

Systèmes binoculaires

- ▶ Rig stéréoscopiques : deux caméras connectées (synchronisées) par un cadre articulé rigide



Rigs from Binocle (<http://www.binocle.com/>)

- ▶ Vidéo binoculaire se réfère à la stéréoscopie
- ▶ La mise en correspondance des couples stéréo permet d'extraire les informations de profondeur
- ▶ La géométrie de capture est liée à la géométrie épipolaire



05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

24

Systèmes multi-vues latéraux ou directionnels

- ▶ Trois cameras ou plus (multi-stéréoscopie)
- ▶ Uniformément réparties le long d'une courbe ou d'une grille
- ▶ Assemblage mécanique (linéaire ou matricielle)
- ▶ Synchronisation assurée à l'aide d'une électronique spécifique
- ▶ Contenu ciblé (FVV, reconstruction 3D, visualisation 3D, refocusing, ...) impacte
 - ▶ Le nombre de caméras nécessaires
 - ▶ Leur organisation spatiales



Stanford Camera Array (128 caméras)



CReSTIC Octocam (8 points de vue)



05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

25

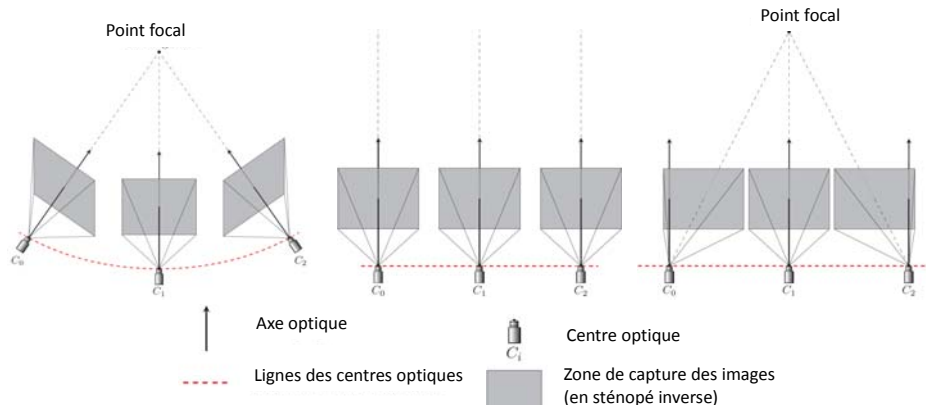
Systèmes multi-vues latéraux ou directionnels

- ▶ Trois types de géométries de captures

Géométrie convergente (Toe-in)

Géométrie parallèle

Géométrie parallèle (Off-axis)



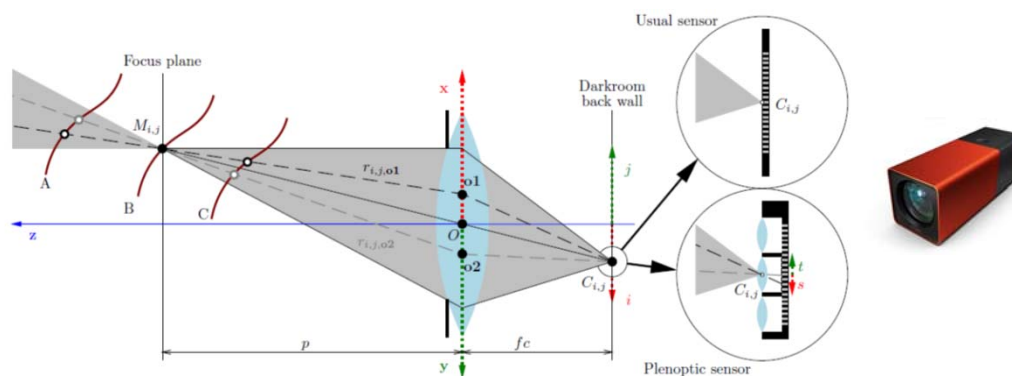
05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

26

Caméras grille vs. caméras plénoptiques

- ▶ Caméras grille
 - ▶ Capturer plusieurs images avec une grande résolution pour de la reconstruction 3D ou de la visualisation interactive
- ▶ Caméras plénoptiques
 - ▶ Capturer l'environnement lumineux pour du FVV (interpolation de vues), du refocusing ou de calcul de profondeur



05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

27

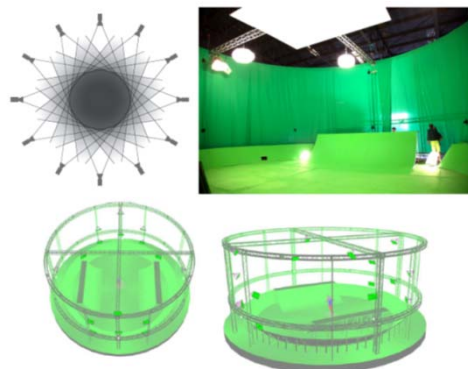
Systèmes globaux ou omnidirectionnels

- ▶ Objectif : modéliser des contenus 3D animés (objets et/ou acteurs)
 - ▶ Un volume de scène suffisamment grand
 - ▶ Reconstruction basée sur la redondance des vues
- ▶ Nombre et position des caméras dépendent des objectifs
 - ▶ Latéral/haut/bas pour la reconstruction 3D
 - ▶ Trajectoire pour l'effet « Frozen time »
 - ▶ Dispositions : en cercle, sur des coins, en extérieur, ...
 - ▶ Nombre variant de quelques à plusieurs centaines de caméras !



Système multi-vues utilisé dans Matrix (effet de ralenti)

- ▶ 120 caméras fixes
- ▶ 2 caméras vidéo pour le découpage temporel
- ▶ « Bullet time » ou « Frozen time »



05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

28

Quelles considérations matérielles ?

- ▶ Systèmes multi-vues différent par
 - ▶ Leur nombre de caméras
 - ▶ La disposition des caméras
- ▶ Ils sont utilisés à des fins diverses mais ... partagent les mêmes problèmes
 - ▶ Synchronisation
 - ▶ Calibration (besoin de beaucoup de précision)
 - ▶ Flux vidéo (besoin de capacité réseau, de stockage et de calcul)

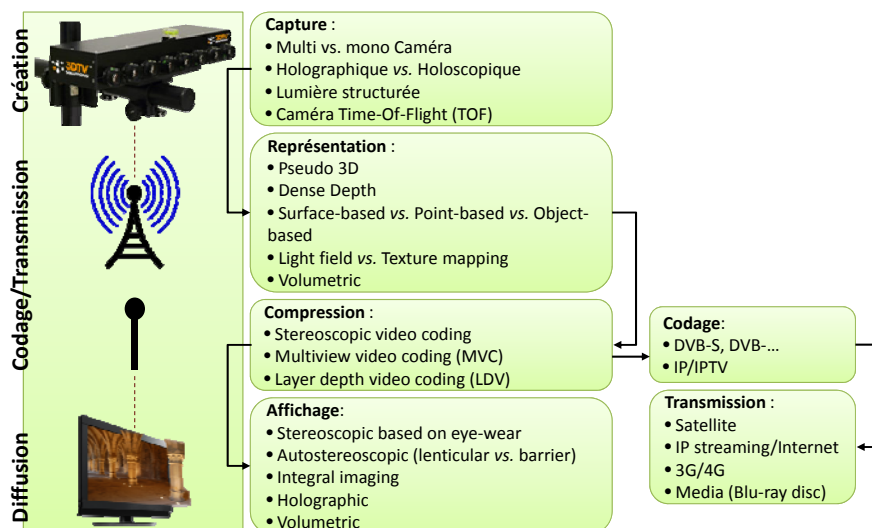


05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

29

Pipeline de production de contenus



05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

30

Partie 3

Reconstruction du relief



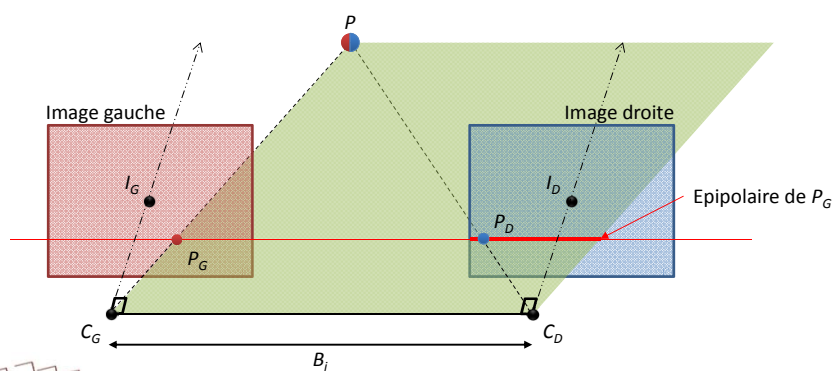
05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

31

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 centre optiques



05/05/2015

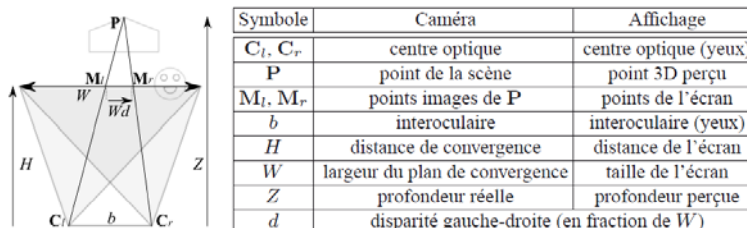
Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

32

Géométrie de prise de vue

- ▶ Les relations entre la disparité stéréoscopique d , exprimée en fraction de la largeur W de l'image, et la distance Z sont définies par :

$$d = \frac{b}{W} \frac{Z - H}{Z}, \quad \text{ou} \quad Z = \frac{H}{1 - dW/b}$$



- ▶ La relation entre profondeur réelle Z et perçue Z' qualifie les distorsions géométriques perçues suivant :

$$Z = \frac{H}{1 - \frac{W}{b} \left(\frac{b'}{W'} \frac{Z' - H'}{Z'} \right)}$$



Instanciation du modèle

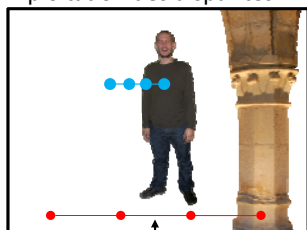
Caméra répondant à un géométrie à axes parallèles rectifiés :
pas de déformations trapézoïdales, bonne restitution des profondeurs, nécessité d'adapter les ROI sur les capteurs, gestion explicite des paramètres de déformations

- ▶ 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)



Disparité vs. profondeur

► Exploitation des disparités



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



► 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 co-localisées



05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

35

Disparités, oui mais ...

► Incohérences des cartes de disparités



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



Résultats différents pour les deux yeux



05/05/2015

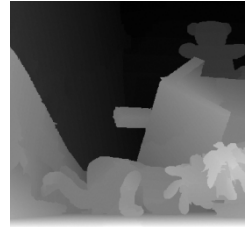
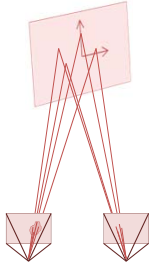
Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

36

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



05/05/2015

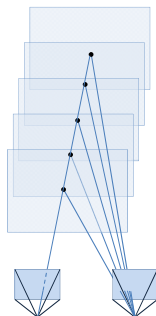
Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

37

Taxonomie des approches

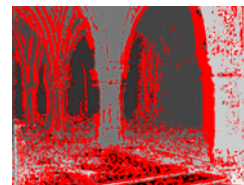
▶ Approches par corrélation

- ▶ 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



05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

38

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



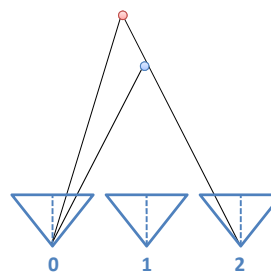
05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

39

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



Disparités réelles



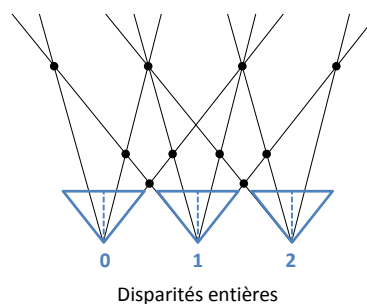
05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

40

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



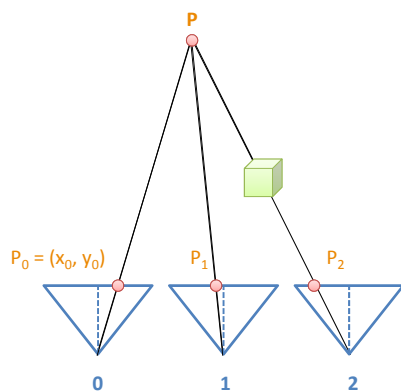
05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

41

Génération de 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 :

$$m_x = x_0$$

$$m_y = y_0$$

$$m_d \in \mathbb{N}$$

Géométrie épipolaire simplifiée :

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

$$y_i = m_y$$

Définition exacte des redondances et des occultations



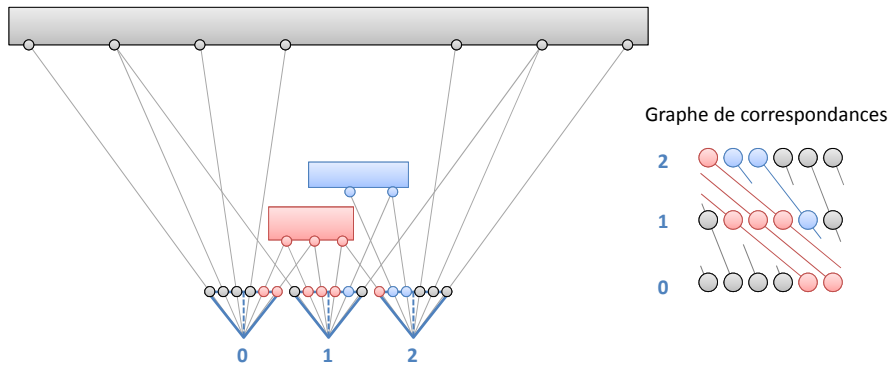
05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

42

Génération de LDI

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



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

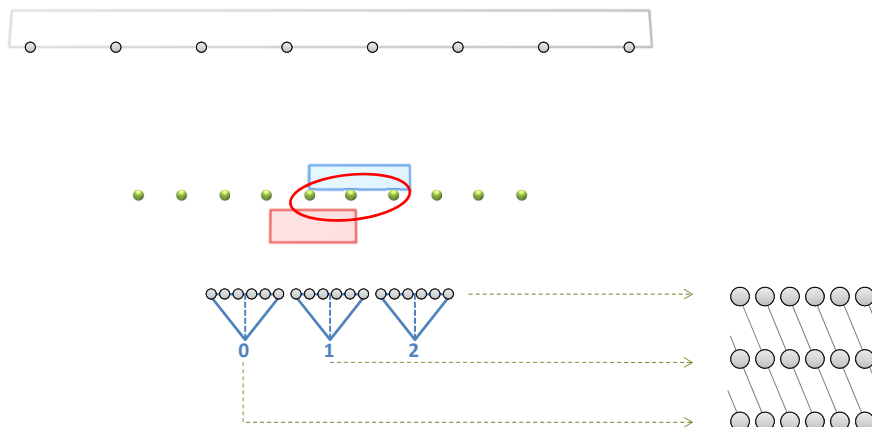


05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

43

Méthode Far-Near

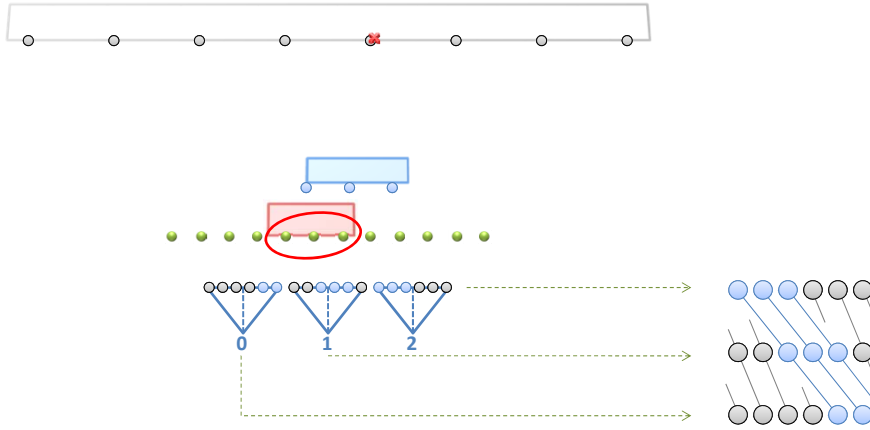


05/05/2015

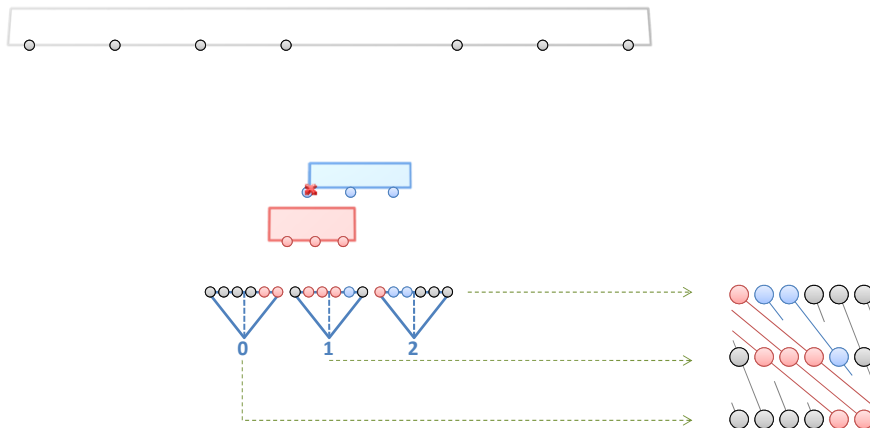
Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

44

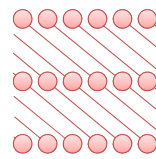
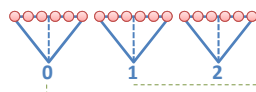
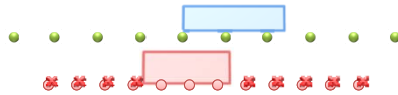
Méthode Far-Near



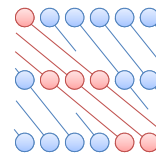
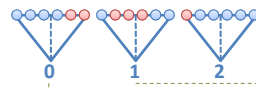
Méthode Far-Near



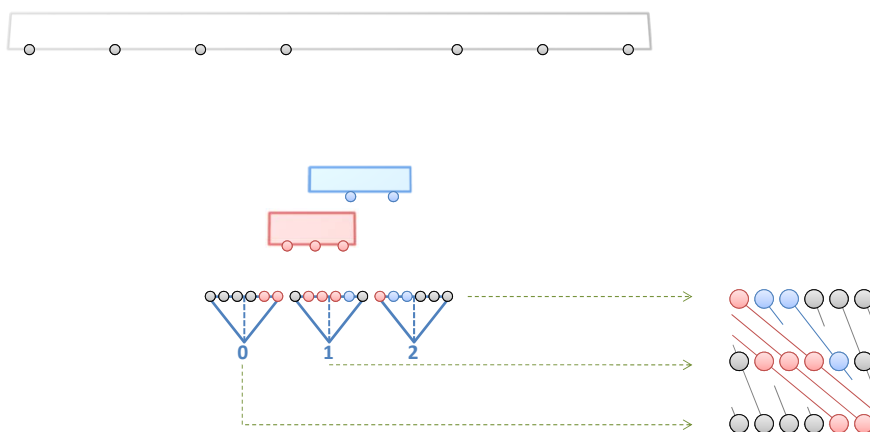
Méthode Near-Far



Méthode Near-Far



Méthode Near-Far



05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

49

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	Coupure de graphe
Avantages	Faible coût algorithmique	Génère des cartes de disparités plus précises



05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

50

Génération des LDI

Estimation des disparités

Algorithme Far/Near



Initialisation

Step $\alpha = 3$ Step $\alpha = 6$ Step $\alpha = 9$

Algorithme Near/Far



Initialisation

Step $\alpha = 6$ Step $\alpha = 3$ Step $\alpha = 0$ 

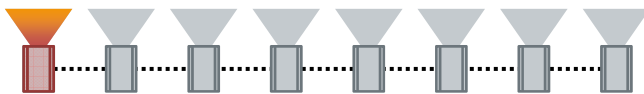
05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

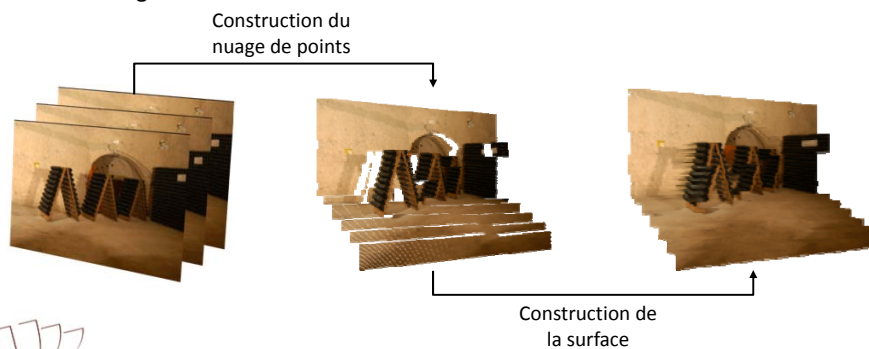
51

Reconstruction des vues et applications

Génération de points de vue intermédiaires (DIBR)



Génération de maillages



05/05/2015

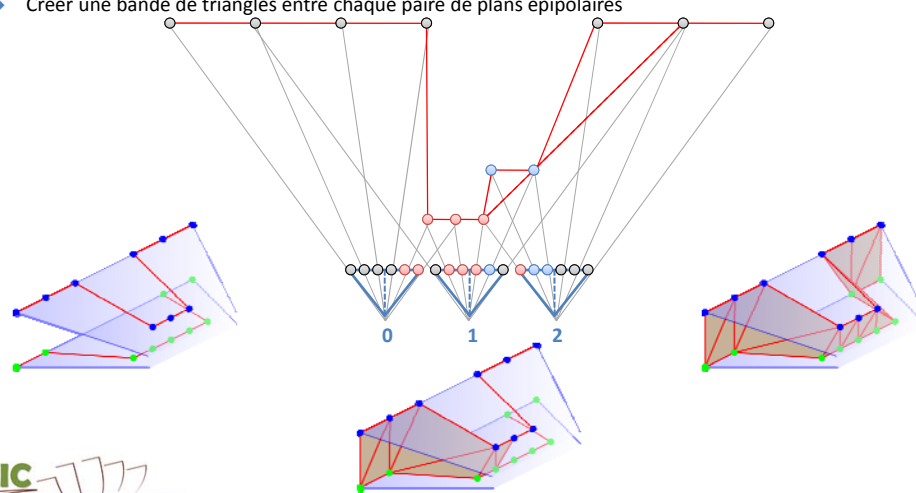
Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

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



05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

53

Partie 4

Compression des flux multi-vues



05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

54

Pourquoi compresser ?

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



Full HD

UHDTV (4k)

UHDTV2 (8k)

- ▶ 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, ...)



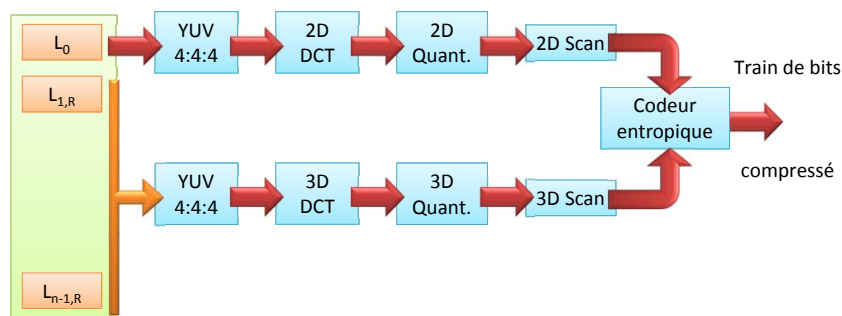
État de l'art

- ▶ 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



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



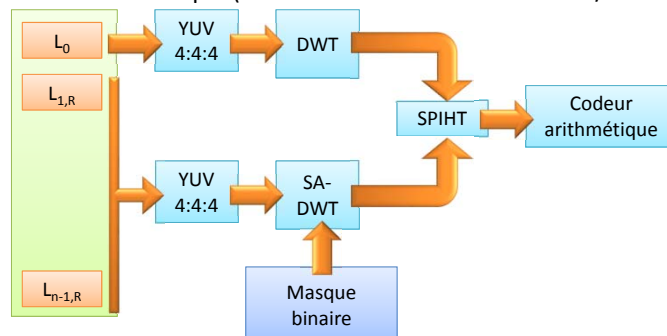
05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

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)



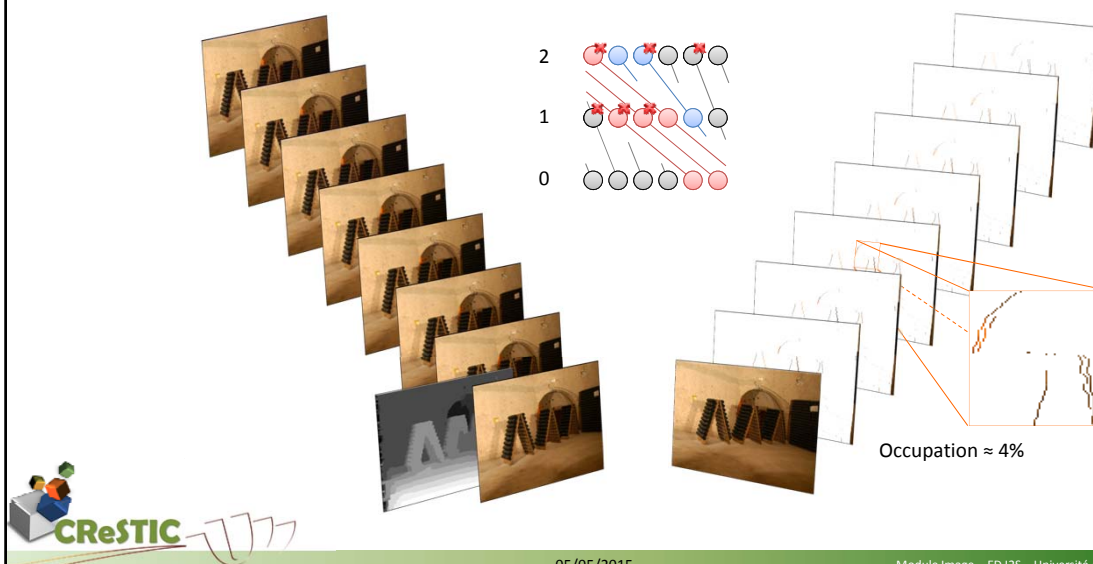
05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

58

Génération des LDI

▶ Extraction des layers



05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

59

Compression des 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)



05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

60

Compression des LDI

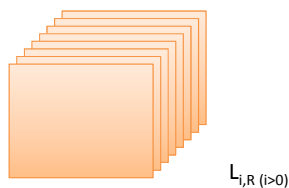
► Compression de la texture chromatique

► 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



Compression des LDI

► Compression de la texture chromatique

► 4 - Quantification

- Basée sur H.264/AVC (facteur de qualité $\in [0, 51]$)

► 5 - Processus de parcours

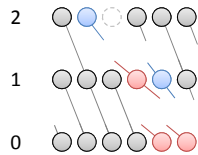
- Cas 2D : Parcours zig-zag standard
- Cas 3D : Plusieurs approches possibles
 - Méthode de l' isoplan (Yeo et al. 1995)
 - Méthode du tri multi-critère (Chan et al. 1997)
 - Trier les valeurs de quantification et les localisations associées par ordre croissant. En cas de valeurs égales, privilégier 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



Reconstruction des vues à la décompression

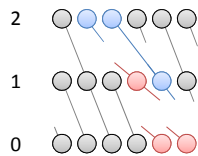


05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

63

Reconstruction des vues à la décompression

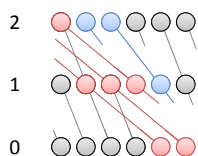


05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

64

Reconstruction des vues à la décompression



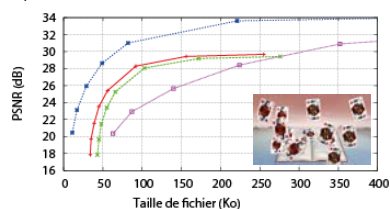
05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

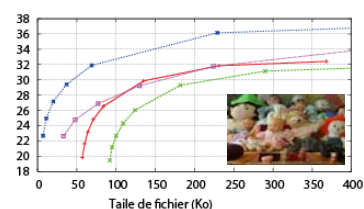
65

Quelques résultats

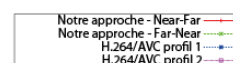
- ▶ Protocole :
 - ▶ Encodage H264 (JM 17.2, YUV 4:4:4, 2 profils (CABAC / CAVLC))
 - ▶ Mode d'encodage Intra (Fournit une bonne cohérence entre les vues)
 - ▶ 2 profils (CABAC / CAVLC)
 - ▶ Notre approche (Locale : Far/Near et Globale : Near/Far)
 - ▶ Deux séquences de test (cards et dolls)
 - ▶ Machine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



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



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



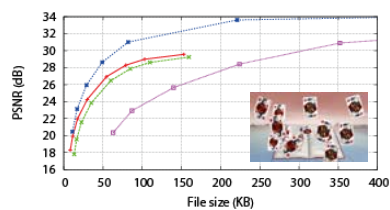
05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

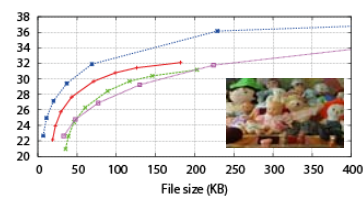
66

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

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



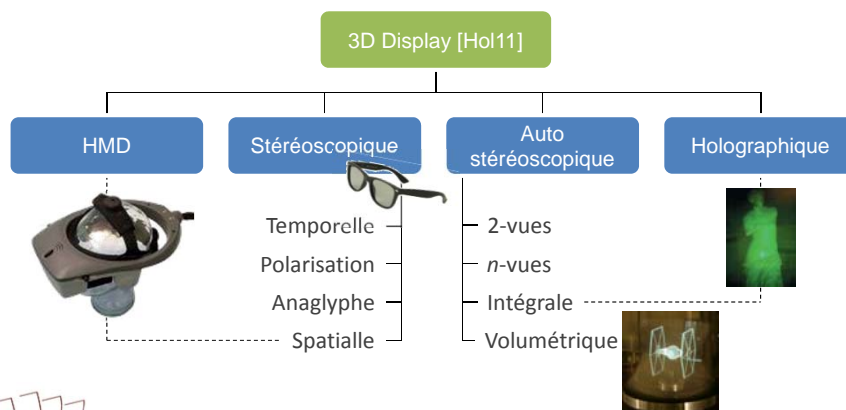
Partie 5

Affichage relief autostéréoscopique



Taxonomie des systèmes

- ▶ Classification des différentes techniques d'affichage 3D
 - ▶ Stéréoscopique vs. auto-stéréoscopique
 - ▶ Profondeur réelle vs. illusoire (ensemble d'images planaires 3D co-localisées)
 - ▶ Multiplexage temporel vs. spatial
 - ▶ ...



05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

69

L'affichage 3D en un coup d'oeil

- ▶ Systèmes stéréoscopiques
 - ▶ Basés sur la perception binoculaire de la profondeur (simples qui peuvent néanmoins provoquer un inconfort visuel)
 - ▶ Requierent le port de lunettes
- ▶ Systèmes auto-stéréoscopiques
 - ▶ Sans lunette, 2-vues (avec ou sans suivi du regard) ou *n*-vues essentiellement avec de la parallaxe horizontale
- ▶ Systèmes Holographiques
 - ▶ Basés sur le principe physique de la duplication de la lumière – 1948, premiers hologrammes en 1960
 - ▶ Approches numériques sont encore à un stade de recherche
- ▶ Systèmes à Imagerie Intégrale (plénoptiques)
 - ▶ Principe établi par G. Lippmann en 1908
 - ▶ Basés sur une capture multi-vues via des réseaux de microlentilles (variantes des approches holographiques)
 - ▶ Offrent une expérience visuelle « full-parallax »
- ▶ Systèmes volumétriques
 - ▶ Perception réelle des profondeurs au moyen de dispositifs non standards



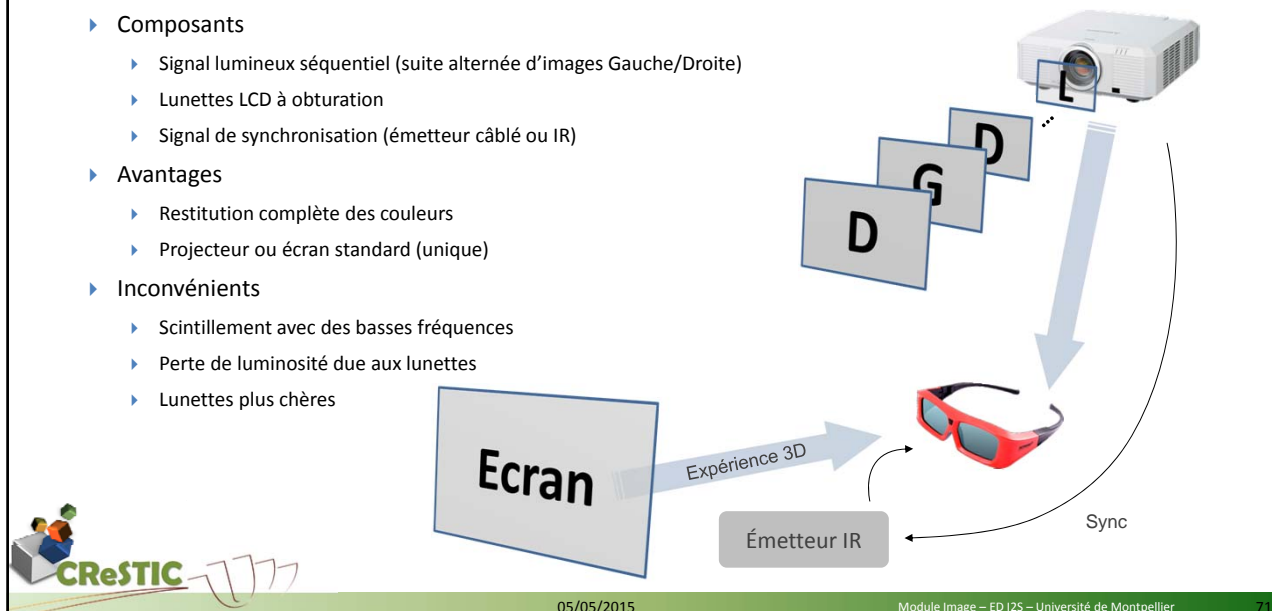
05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

70

Stéréoscopie active

- ▶ Composants
 - ▶ Signal lumineux séquentiel (suite alternée d'images Gauche/Droite)
 - ▶ Lunettes LCD à obturation
 - ▶ Signal de synchronisation (émetteur câblé ou IR)
- ▶ Avantages
 - ▶ Restitution complète des couleurs
 - ▶ Projecteur ou écran standard (unique)
- ▶ Inconvénients
 - ▶ Scintillement avec des basses fréquences
 - ▶ Perte de luminosité due aux lunettes
 - ▶ Lunettes plus chères



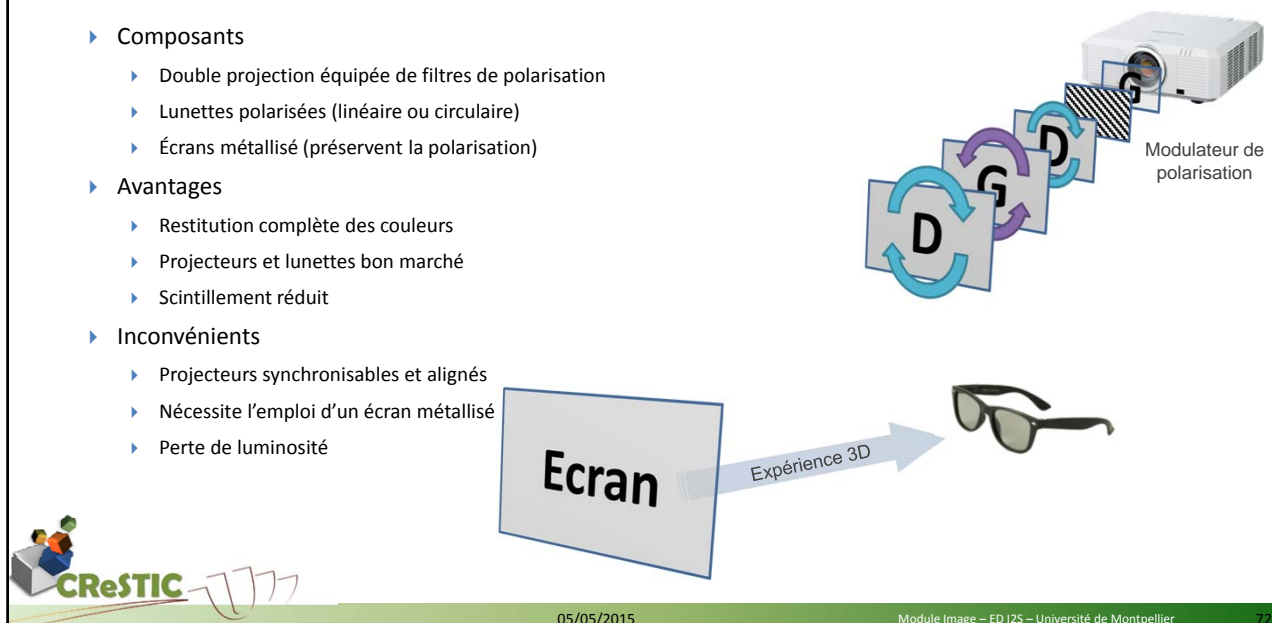
05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

71

Stéréoscopie passive (polarisation)

- ▶ Composants
 - ▶ Double projection équipée de filtres de polarisation
 - ▶ Lunettes polarisées (linéaire ou circulaire)
 - ▶ Écrans métallisé (préservent la polarisation)
- ▶ Avantages
 - ▶ Restitution complète des couleurs
 - ▶ Projecteurs et lunettes bon marché
 - ▶ Scintillement réduit
- ▶ Inconvénients
 - ▶ Projecteurs synchronisables et alignés
 - ▶ Nécessite l'emploi d'un écran métallisé
 - ▶ Perte de luminosité



05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

72

Dispositifs volumétriques

Composants

- ▶ Différentes structures (miroirs en rotation, arrangement de LED, écran en rotation, ...)
- ▶ Perspecta, Plasma flashpoints, DepthCube
- ▶ Omnidirectionnels - génèrent des vues simultanées pouvant être perçues par plusieurs utilisateurs
- ▶ Perception réelle des profondeurs

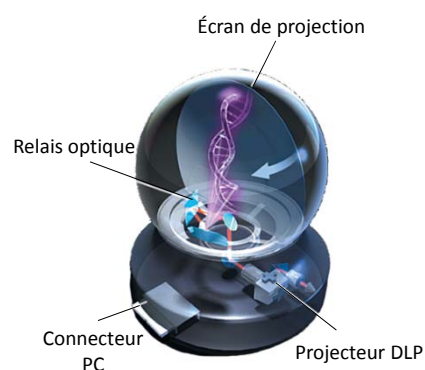
Avantages

- ▶ 3D réelle (Effet Princesse Leia)
- ▶ Scintillement réduit
- ▶ Projecteurs et lunettes bon marché



Inconvénients

- ▶ Basse résolution (spatiale et couleur)
- ▶ Systèmes plus onéreux



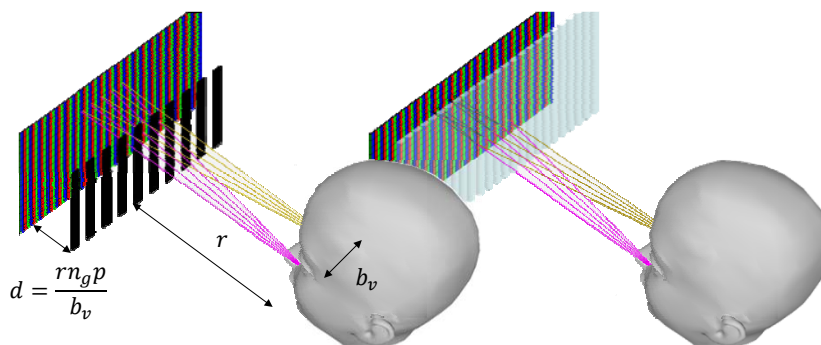
05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

73

Écrans auto-stéréoscopiques

- ▶ Deux technologies pour séparer le point de vue de l'œil gauche du point de vue de l'œil droit
 - ▶ Barrières de parallaxe : de minces fentes permettent aux spectateurs de ne voir que la bonne image
 - ▶ Lenticulaires : des microlentilles sont conçues de telle sorte à ce que les images soient amplifiées selon l'angle de vue
- ▶ Filtres optiques sont disposés en face de l'image source sur l'écran LCD



05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

74

Principe de séparation des vues

- Plus la barrière de parallaxe est proche des pixels, plus la séparation angulaire entre les images gauche et droite est importante. Pour un écran auto-stéréoscopique 2-vue, les images gauche et droite doivent adresser les yeux gauche et droit, ce qui signifie que les vues doivent être séparées par seulement quelques degrés.

R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R
1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1
3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2
4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3
5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4
6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5
7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6
8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7

- Pour un écran auto-stéréoscopique avec un pitch de 65 micromètres, une séparation oculaire de 63mm, une distance de vue de 30 cm et un indice de réfraction de 1.52 (verre de silice), la séparation pixel-barrière de parallaxe doit être d'environ 470 micromètres.



05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

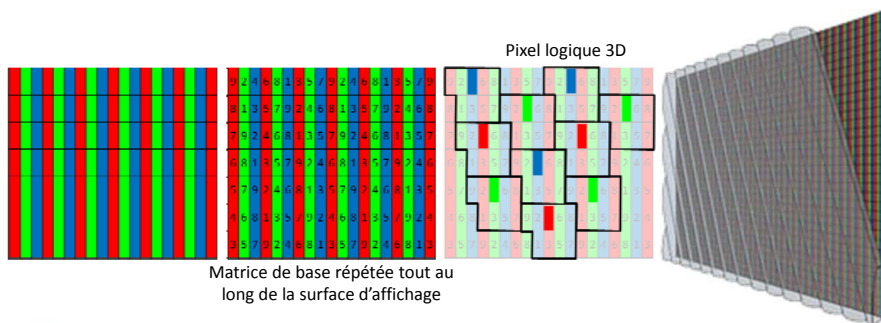
75

Principe de pixel 3D

- Auto-stéréoscopie repose sur le multiplexage (entrelacement) de n -vues
 - Variabilité de l'encodage (matériel dépendant)
 - Conception arbitraire ou mathématique des motifs de mélange (filtres)

$$V_{e_1, e_2, \dots, e_n} = \left(\sum_{i=1}^n \left(\frac{e_i}{q_{Ri}} \right) q_{Di} \right) \bmod n$$

avec q_{Di} le paramètre de modulation et q_{Ri} le paramètre de répétition



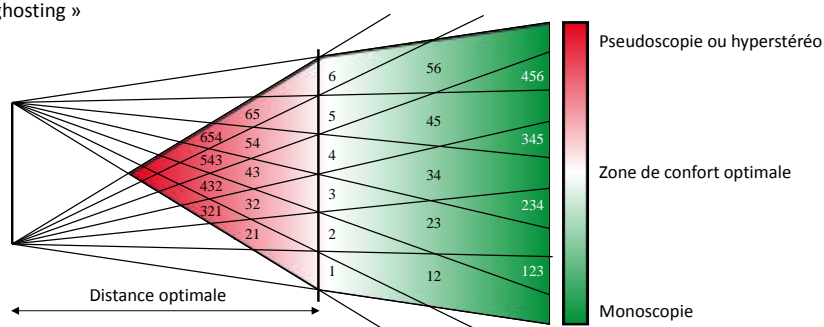
05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

76

Parallaxe vs. lenticulaire – avantages vs. inconvénients

- ▶ Avantages
 - ▶ Parallaxe : bonne séparation des vues
 - ▶ Lenticulaire : intensité lumineuse
 - ▶ Adaptabilité au nombre de vues (2 → 28)
- ▶ Inconvénients
 - ▶ Parallaxe : perte d'intensité lumineuse
 - ▶ Lenticulaire : effet de « ghosting »
 - ▶ Location rigoureuse



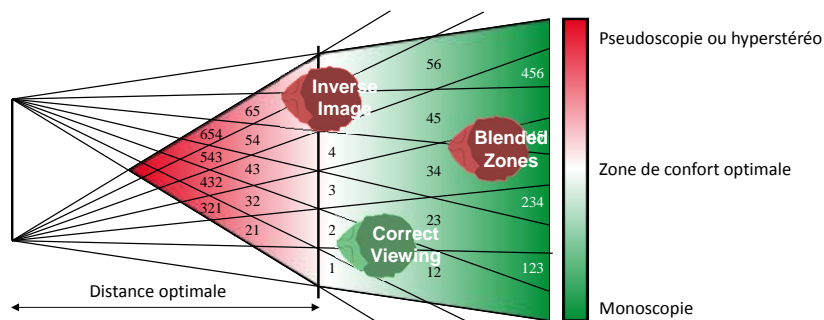
05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

77

Zones optimales de confort

- ▶ Dépendance des zones d'observations au nombre de vues
 - ▶ Faisceaux optiques définissent plusieurs zones plus ou moins confortables
 - ▶ Distance optimale restitue les bonnes profondeurs, une bonne immersion (stéréopsie)
- ▶ Effets indésirables
 - ▶ Images inversées (3D cross-talk)
 - ▶ Mélanges de zones
 - ▶ ...



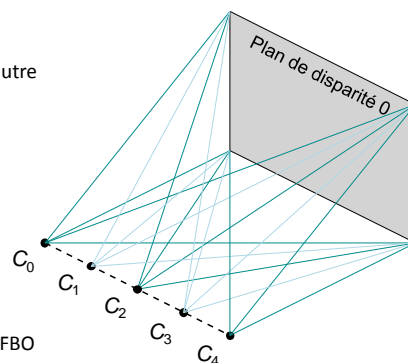
05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

78

Rendu auto-stéréoscopique

- ▶ Génération des vues
 - ▶ Vues virtuelles calculées par un moteur de rendu OpenGL ou autre
 - ▶ Vues réelles capturées à partir de caméras 3D
 - ...
 - ▶ A partir des paramètres de poses et des projections (cf. partie 2)
- ▶ La boucle d'affichage correspond alors à
 1. Sélectionner (bind) le Frame Buffer Object (FBO)
 2. Pour chaque point de vue désiré
 - a. Sélectionner l'unité de texture pour dessiner dans le *j^{ème}* FBO
 - b. Configurer la pose camera et la projection
 - c. Rendre la scène
 3. Entrelacer et afficher toutes les textures attachées au FBO
 4. Libérer le FBO

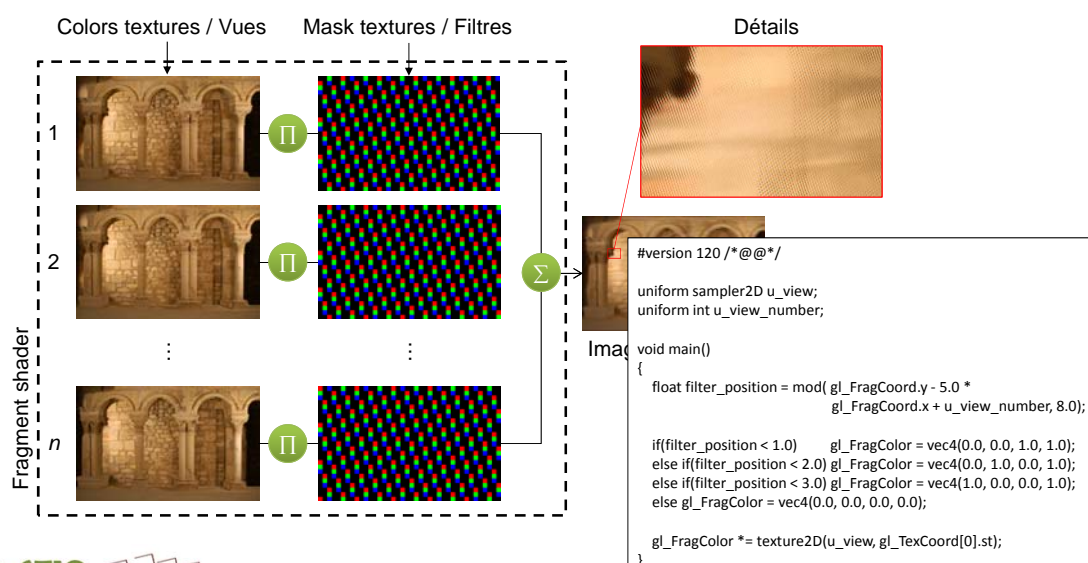


05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

79

Entrelacement de vues



05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

80

Partie 6

Extension à la vidéo 3D HDR



05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

81

Imagerie 3D HDR

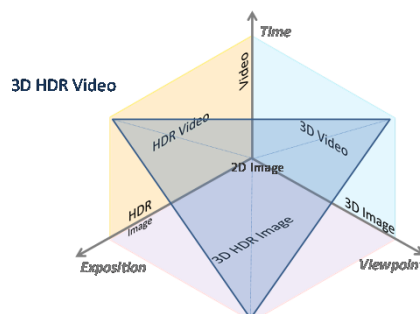
▶ Imagerie HDR

- ▶ Élargissement de la gamme d'intensité de l'image
- ▶ Se rapprocher le plus possible de la perception de l'œil humain (20 stops)



▶ Vidéo 3D HDR (couplage HDR et profondeur)

- ▶ Appariement de pixels (propagation de croyances [[Lin 09](#)], estimation 3D [[Lu 11](#)], disparité [[Bonnard 12](#)])
- ▶ Reconstruction HDR (moyenne pondérée, fusion de poses [[Mertens 07](#)])

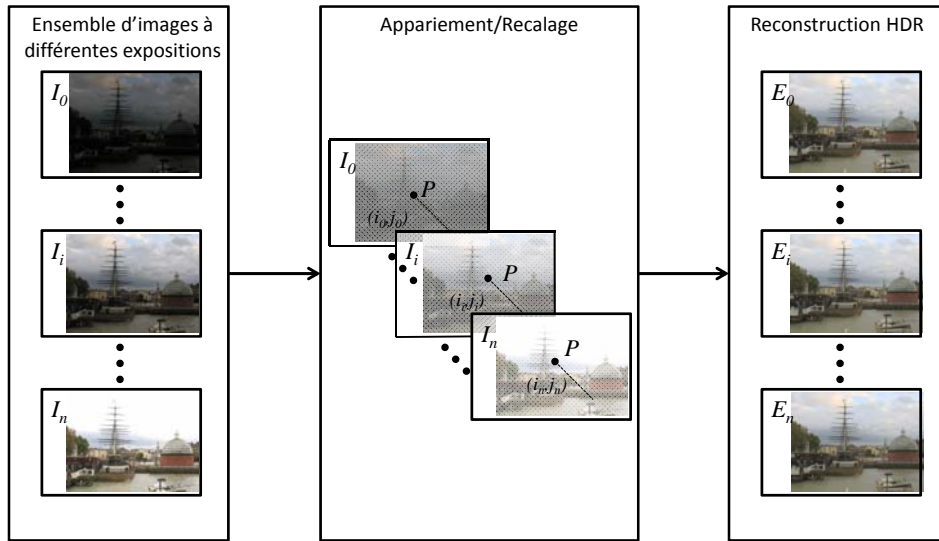


05/05/2015

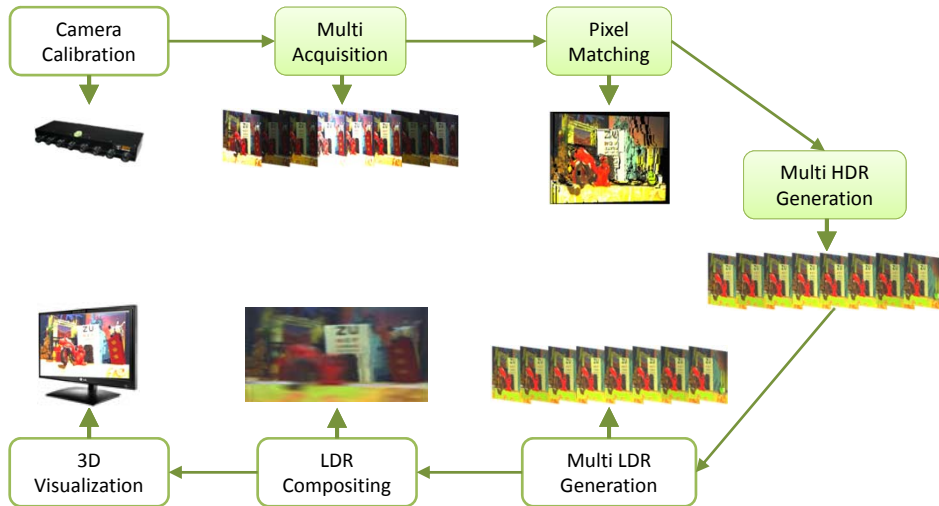
Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

82

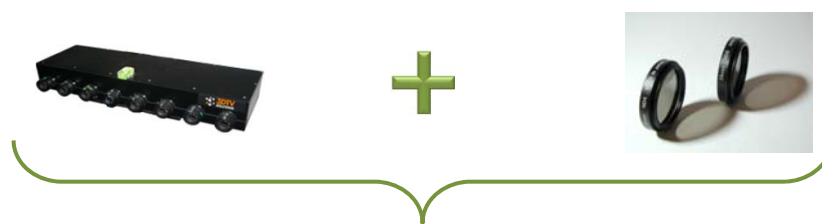
Pipeline général pour l'imagerie HDR



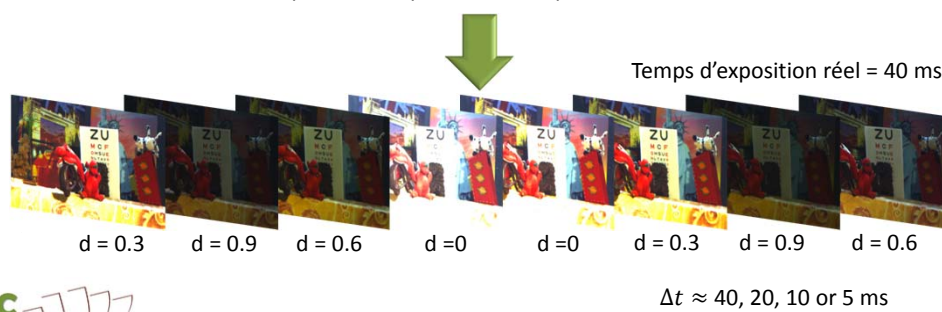
Pipeline général pour l'imagerie HDR



Pipeline général pour l'imagerie HDR



Acquisitions simultanées avec plusieurs expositions depuis différents points de vue

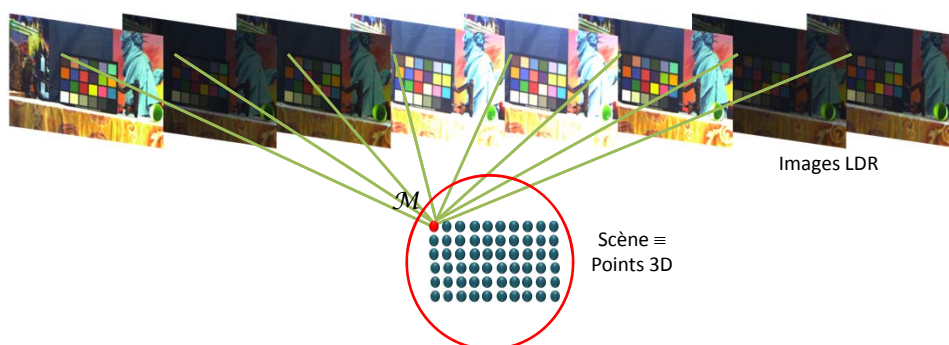


05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

85

Appariement de pixels basé disparité



05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

86

Fusion HDR

Images LDR

\mathcal{M}

Scène ≡ Points 3D

Images HDR résultantes

05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

87

Fusion HDR - résultats

	Middlebury	CG	OctoCam
Images originales			
Cartes de disparité			
Tone mapped HDR images			

05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

88

Fusion HDR - résultats



Images LDR



Image HDR (vue 4)



05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

89

Fusion HDR - résultats



Images LDR

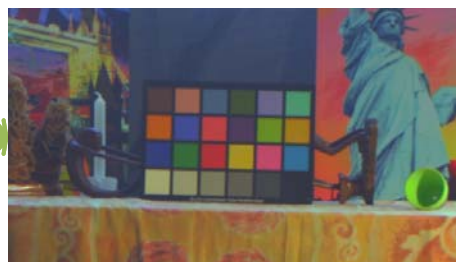


Image HDR (vue 4)



05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

90

Partie 7

Vidéo 3D omnidirectionnelle



05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

91

Capture omnidirectionnelle pour la production audiovisuelle – RECOVER3D

- ▶ Production companies nowadays do video compositing for most of their movie frames
- ▶ They acquire content from various sources
 - ▶ Digital modeling
 - ▶ Video shooting
 - ▶ 3D reconstruction of real, animated content
- ▶ Next is an example of an ongoing project to create an animated 3D reconstructed model of actors

- ▶ Real-time Environment for COmputational Video Editing and Rendering in 3D
 - ▶ Ongoing French funded project (2012-2014)
 - ▶ Aims at providing a suitable industrial facility for recording HQ 4D digital models of actor performance
 - ▶ Enhanced re-usability in virtual control room: duplication, edition (space, time, viewpoint, texture, lighting, geometry...).
 - ▶ Quicker and cheaper movie production
 - ▶ Optimal economic access for broadcast/TV industry to virtual technologies beforehand too expensive

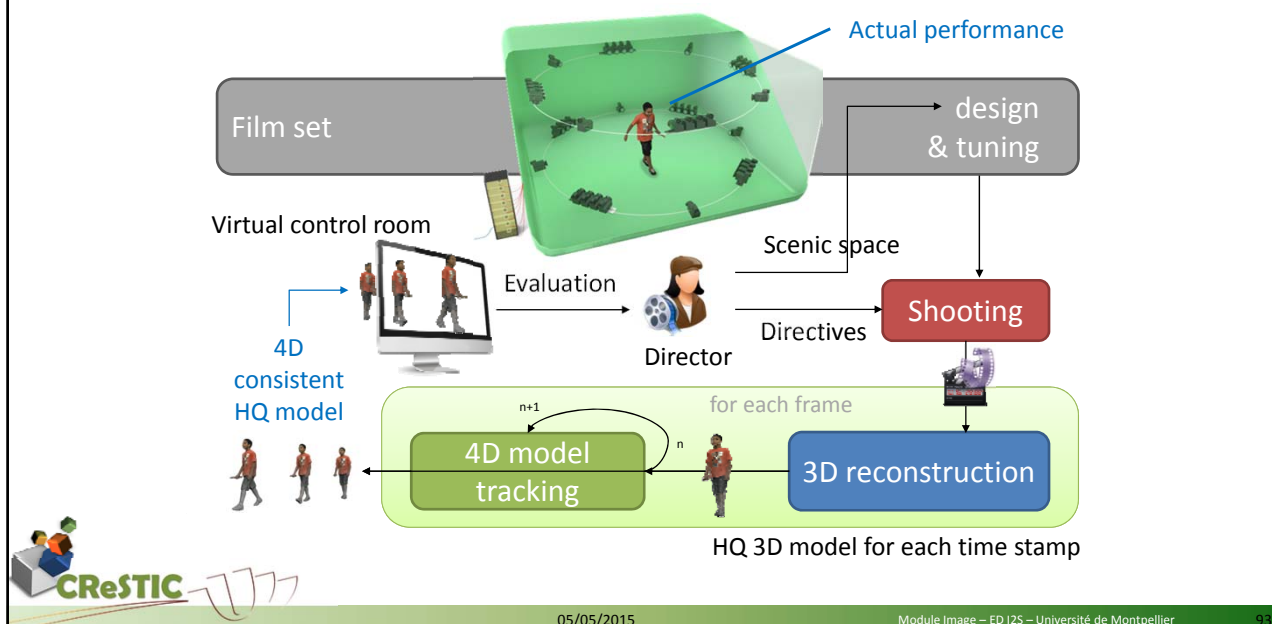


05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

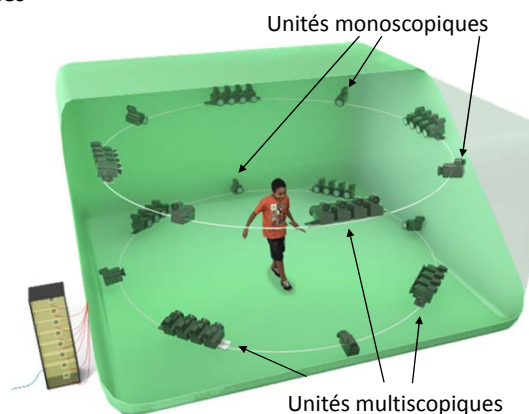
92

Vue d'ensemble des différents processus



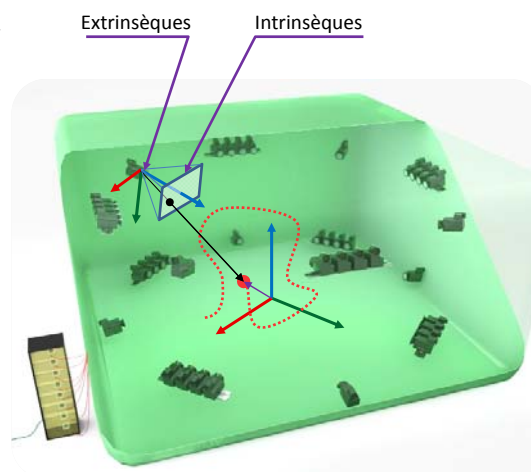
Configuration matérielle

- ▶ Salle chromakey ; jusqu'à 40 cameras HD professionnelles
 - ▶ Synchronisées (genlock et timecode)
 - ▶ Disposition multi-circulaire – unités monoscopiques intercalées avec les unités multiscopiques
- ▶ Multi-stéréo (mSM) à partir des unités multiscopiques enveloppe visuelle (VH) pour toutes les caméras
- ▶ Ressources HPC
 - ▶ 1 PC / 4 caméras
 - ▶ OpenCL & CUDA



Configuration matérielle

- ▶ 3D reconstruction needs precise calibration of each camera
 - ▶ relates cameras' projective spaces (pixels coordinates) to scene space by evaluating extrinsic and intrinsic matrices
 - ▶ Needed for VH and mSM
- ▶ Global calibration process based on a spotlight freely moved in the room for a few minutes
- ▶ successive simultaneous projections on each camera
 - equations system solved for unknown positions and matrice coefficients



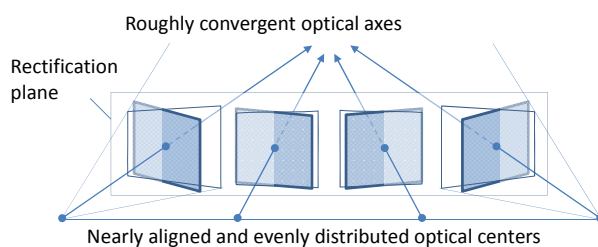
05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

95

Reconstruction 3D : rectification

- ▶ Simplified epipolar geometry: easier and cheaper mSM based on horizontal disparity
- ▶ mSM: precisely defined occlusions
- ▶ Unfortunately, multiscopic units design implies a rather large baseline and thus convergent optical axes layout
 - ▶ Rectified images in decentered parallel geometry
 - ▶ Re-projection on a common image plane parallel to the common baseline



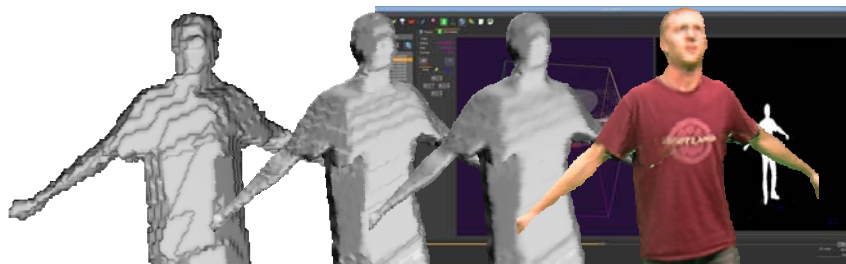
05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

96

Reconstruction 3D : enveloppe visuelle

- ▶ Silhouettes extraction: green chromakey
- ▶ Volumetric visual hull construction: excludes voxels out of at least one silhouette
- ▶ Textured mesh model: marching cubes, refinement, texturing from images



- ▶ Formulation basée scène avec hybridation par enveloppe visuelle (travaux en cours de finalisation)



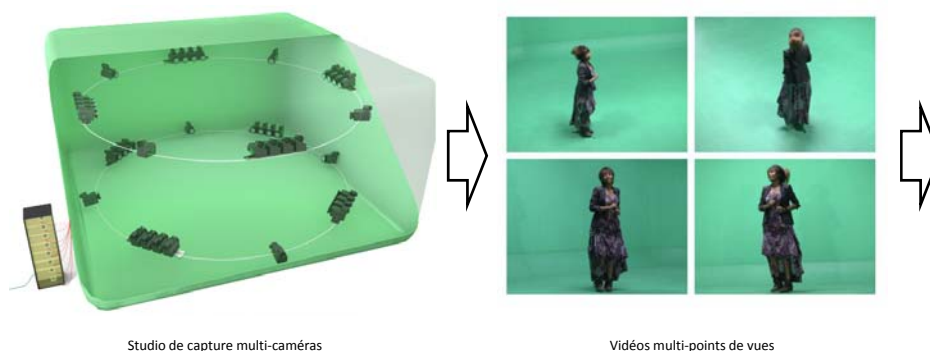
05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

97

Reconstruction 3D

- ▶ Modélisation 4D à partir de captures vidéos de points de vues différents



- ▶ Représentation spatiotemporelle d'une scène ou « vidéo 3D »



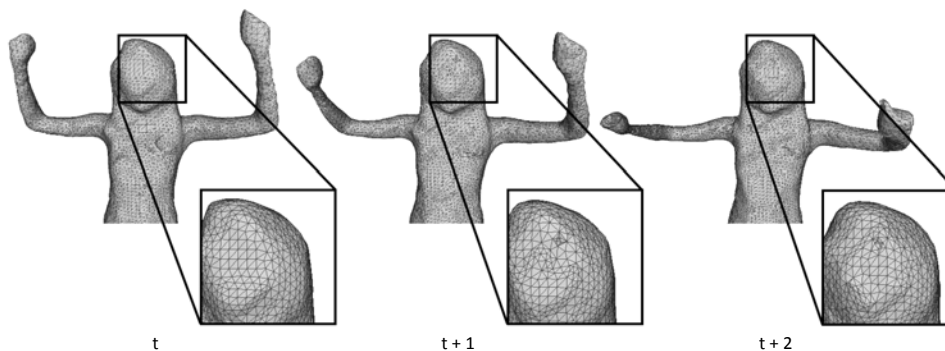
05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

98

Reconstruction 3D

- ▶ Reconstruction model-free volumique de type « enveloppe visuelle ». Les données reconstruites sont des séquences de volumes



- ▶ L'extraction de la surface de ces volumes génère des séquences de maillages (sans aucune cohérence temporelle a priori)



05/05/2015

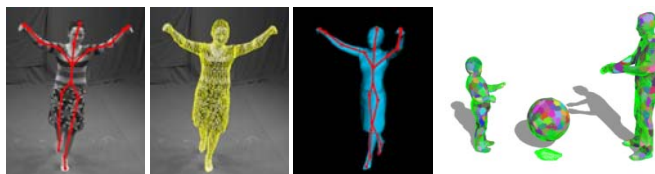
Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

99

État de l'art

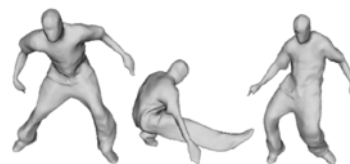
- ▶ Reconstruction basée modèle

- ▶ Basé squelette [Vlasic et al. 08] [Gall et al. 09]
- ▶ Basé surface déformable [De Aguiar et al. 08] [Cagniat et al. 10]



- ▶ Animation de maillage

- ▶ Animation basée squelette [Lewis et al. 00] [Wang & Phillips 02]
- ▶ Animation basée cage [Thiery et al. 12] [Ju et al. 05] [Lipman et al. 08]
- ▶ As-Rigid-As-Possible (ARAP) [Sorkine & Alexa 07]



- ▶ Suivi de mouvements

- ▶ Mise en correspondance de maillages [Starck & Hilton 07] [Varanasi et al. 08] [Tung & Matsuyama 10]
- ▶ Calcul de « flot de scène » ou « flot de mouvements » [Petit et al. 11] [Nobuhara & Matsuyama 04] [Blache et al. 14]



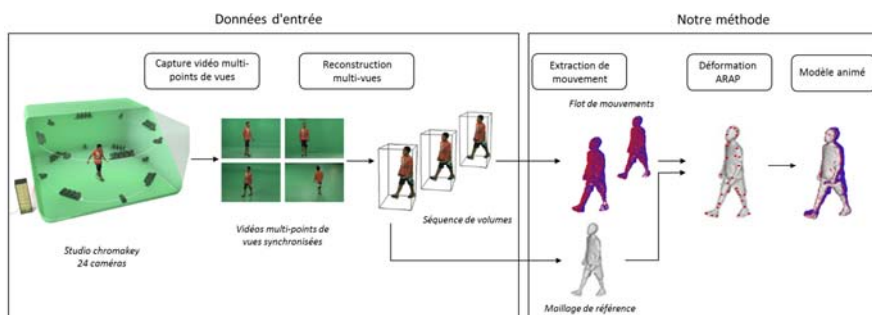
05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

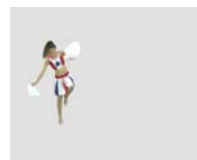
100

Animation de maillage pseudo-rigide

- ▶ Utiliser directement les séquences de volumes issus de la reconstruction multi-vues pour estimer un flot de mouvements.



- ▶ Initialiser un maillage de référence à partir de la première pose de la reconstruction puis l'animer selon le flot de mouvements.



05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

101

Animation de maillage pseudo-rigide



Séquence de maillages reconstruite

Séquence de maillages
temporellement cohérente

05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

102

Animation de maillage pseudo-rigide



Un maillage texturé par frame



Un unique maillage texturé et animé



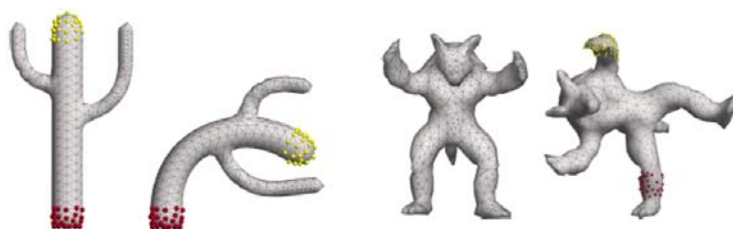
05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

103

Animation de maillage pseudo-rigide

- ▶ Animation basée As-Rigid-As-Possible (ARAP) : un ensemble de points d'ancrages définit une déformation appliquée à l'ensemble du maillage par minimisation d'énergie.
- ▶ Conservation de la structure du maillage
- ▶ Transformation localement rigide



05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

104

Animation de maillage pseudo-rigide

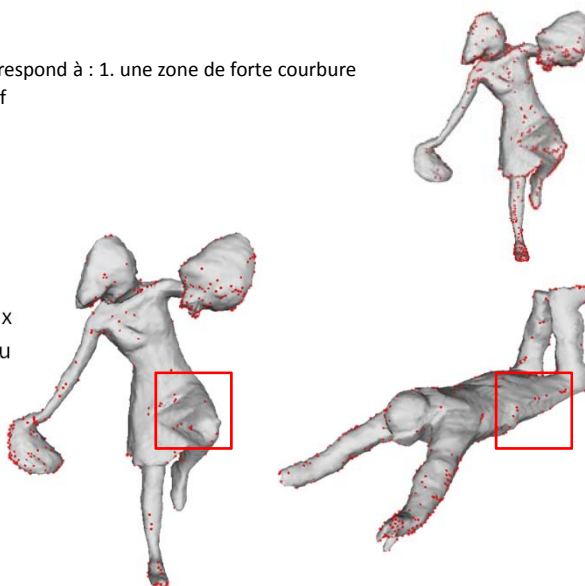
▶ Sélection des points d'ancrage - critères

- ▶ Un sommet est un point d'ancrage satisfaisant s'il correspond à : 1. une zone de forte courbure de la surface, 2. un vecteur de mouvement significatif

$$C = \begin{bmatrix} p_i - \bar{p} \\ \dots \\ p_n - \bar{p} \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} p_i - \bar{p} \\ \dots \\ p_n - \bar{p} \end{bmatrix}, i \in N$$

$$\sigma(p) = \frac{\lambda_0}{\lambda_0 + \lambda_1 + \lambda_2}, \lambda_0 < \lambda_1 < \lambda_2$$

- ▶ On échantillonne les points qui correspondent aux extrémités du maillage, aux arêtes saillantes et/ou aux articulations



05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

105

Animation de maillage pseudo-rigide

▶ Formulation énergétique

- ▶ On cherche à minimiser l'énergie suivante :

$$E(M') = E_{ARAP}(M') + E_{ANC}(M')$$

- ▶ E_{ARAP} est l'énergie de la déformation As-Rigid-As-Possible :

$$E_{ARAP}(M') = \sum_{i=1}^n \sum_{j \in N(i)} w_{ij} \|(p'_i - p'_j) - R_i(p_i - p_j)\|^2$$

avec $N(i)$ le voisinage direct du sommet i .

- ▶ E_{ANC} est une énergie quadratique appliquée sur les points d'ancrages :

$$E_{ANC}(M') = \sum_{i=1}^n w_{a_i} \|p'_i - p_i\|^2$$

▶ Résolution

- ▶ A partir des conditions d'optimalité de E_{ARAP} et E_{ANC} , on déduit le système linéaire suivant :

$$\sum_{j \in N(i)} w_{ij} (p'_i - p'_j) + w_{a_i} p'_i = \sum_{j \in N(i)} \frac{w_{ij}}{2} (R_i - R_j) (p_i - p_j) + w_{a_i} p_i$$



05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

106

Animation de maillage pseudo-rigide

► Résolution

- A partir des conditions d'optimalité de E_{ARAP} et E_{ANC} , on déduit le système linéaire suivant :

$$\sum_{j \in N(i)} w_{ij} (p'_i - p'_j) + w_{a_i} p'_i = \sum_{j \in N(i)} \frac{w_{ij}}{2} (R_i - R_j) (p_i - p_j) + w_{a_i} p_i$$

$$\left[L + W \right] \cdot \begin{bmatrix} p' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b \end{bmatrix}$$

- La partie gauche de cette expression correspond à la matrice Laplacienne du maillage. Le système peut alors être écrit sous la forme matricielle.
- La résolution du système s'effectue itérativement : la rotation optimale $R(p_i, p'_i)$ est calculée par SVD à partir de la matrice de covariance S des positions initiales de p_i et p'_i fixées :

$$S = U \Sigma W^T$$

$$R_i = U W^T$$

- La matrice de rotation est ensuite appliquée à p_i pour obtenir la nouvelle valeur de p'_i grâce à un solveur linéaire :

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j \in N(i)} w_{ij} (p'_i - p'_j) + w_{a_i} p'_i - \frac{w_{ij}}{2} (R_i - R_j) (p_i - p_j) + w_{a_i} p_i$$



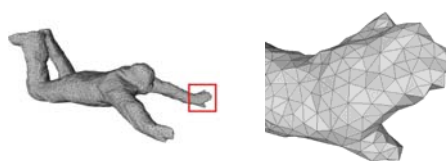
05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

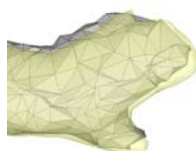
107

Animation de maillage pseudo-rigide

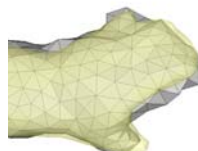
► Résultats



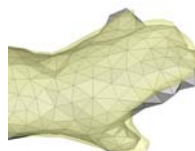
Pose initiale



Application du flot de mouvement brut



ARAP classique



Notre méthode

Maillage *template* et enveloppe visuelle de la **pose ciblée**

05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

108

Animation de maillage pseudo-rigide

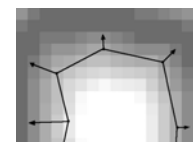
Optimisation locale

- Chaque sommet est soumis à un ensemble de contraintes
 - Système masse-ressort : chaque arête applique une force répulsive ou attractive sur les sommets adjacents

$$f_s(p_i) = \alpha \sum_{j \in N(i)} (\|p_i - p_j\| - r) \frac{p_i - p_j}{\|p_i - p_j\|}$$



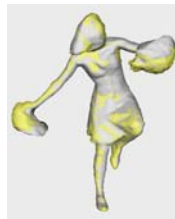
- Silhouette-matching : On utilise l'EDT pour guider le déplacement de chaque sommet vers la surface de l'enveloppe visuelle



- Le système de l'ensemble des sommets est résolu itérativement en utilisant un intégrateur RK4



Pose initiale



Après déplacement



Après optimisation

Maillage *template* et enveloppe visuelle de la pose ciblée

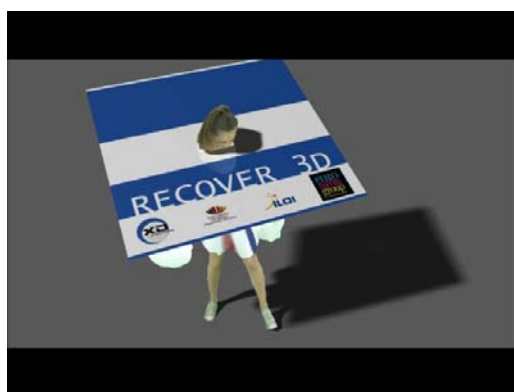


05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

109

Animation de maillage pseudo-rigide



05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

110

Partie 8

Démonstrations





05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

111

Conclusion & perspectives

▶ Résultats issus des projets de recherche

- ▶ ANR CamRelief (2008-2010) : chaîne de production de média 3D relief
- ▶ CPER PIA₁ RECOVER3D (2012-2015) : production audiovisuel et clonage numérique 
- ▶ COST HDRI (2012-2015) : imagerie HDR
- ▶ FUI ICOS (2014-2016) : visualisation relief et navigation per-opérateur sans contact
- ▶ PIA₂ 3DNeuroSecure (2015-2017) : visual big data 



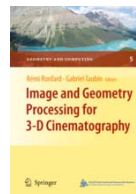
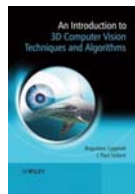
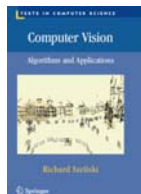
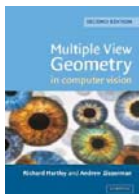
05/05/2015

Module Image – ED I2S – Université de Montpellier

112

Quelques ouvrages

▶ Vision 3D



▶ Vidéo 3D

