

Groupe de Travail Rendu et Visualisation

Analyse en simulation des réflexions multiples lors d'une projection immersive

Julien DEHOS¹, Eric ZEGHERS¹, Laurent SARRY¹,
François ROUSSELLE², Christophe RENAUD²

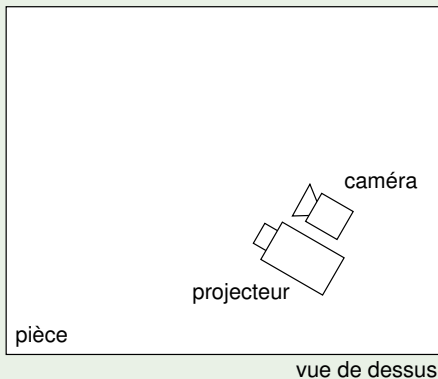
¹ISIT, Université d'Auvergne

²LISIC, Université du Littoral Côte d'Opale

8 octobre 2010

- 1 Problématique
- 2 Travaux précédents
- 3 Méthode de simulation
- 4 Résultats
- 5 Conclusion

Système de projection immersive



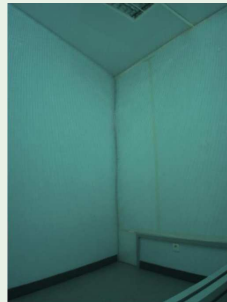
Composantes de la lumière réfléchie



scène réelle



lumière réfléchie
directement



lumière réfléchie
indirectement



Nayar, Krishnan, Grossberg, Raskar : Fast separation of direct and global components of a scene using high frequency illumination, 2006.

Etudes théoriques



Langer : A model of how interreflections can affect color appearance, 2001,

Simulation d'éclairage



Goral, Torrance, Greenberg, Battaile : Modeling the interaction of light between diffuse surfaces, 1984.



Glassner : Principles of Digital Image Synthesis, 1994.

Reconstruction basée image



Nayar, Ikeuchi, Kanade : Shape from interreflections, 1991.

Compensation radiométrique



Mukaigawa, Kakinuma, Ohta : A Fast Compensation Method of Inter-reflection for Pattern Projection onto a Non-planar Surface, 2006.



Habe, Saeki, Matsuyama : Inter-Reflection Compensation for Immersive Projection Display, 2007.



Wetzstein, Bimber : Radiometric Compensation through Inverse Light Transport, 2007.



Sheng, Yap, Barbara : Global Illumination Compensation for Spatially Augmented Reality, 2010.

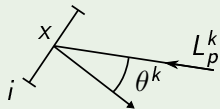
Principe

- réflexions multiples : méthode de radiosité
- projection de la lumière
- acquisition de la lumière
- compensation

Hypothèses

- matériaux lambertiens
- scène discrétisée en carreaux
- caméra et projecteur équivalents et neutres

Simulation de la projection : radiosité auto- mise



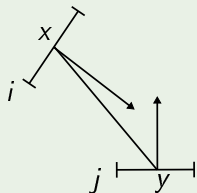
$$L_r^k = \frac{\rho_i}{\pi} \cos \theta^k L_p^k$$

$$E_i^k = \pi L_r^k = \rho_i \cos \theta^k L_p^k$$

$$E_i = \frac{\rho_i}{\#K} \sum_{k \in K} \cos \theta^k L_p^k$$

⇒ carreau compl t ment recouvert ou pas du tout

Simulation de la projection : échanges énergétiques

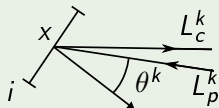


$$B_i = E_i + \rho_i \sum_{j=1}^N F_{ij} B_j$$

$$G_{ij} = \rho_i F_{ij}$$

$$B = (I - G)^{-1} E$$

Simulation de la projection : image caméra



$$L_c^k = \frac{B_i}{\pi}$$

$$L_r^k = \frac{\rho_i}{\pi} \cos \theta^k L_p^k$$

$$L_c^k = \frac{B_i - E_i}{\pi} + \frac{\rho_i}{\pi} \cos \theta^k L_p^k$$

$$L_c^k = B_i - E_i + \rho_i \cos \theta^k L_p^k$$

implémentation GPU : texture projective

Compensation

$$B_i^k = \pi L_c^k$$
$$B_i = \frac{\pi}{\#K} \sum_{k \in K} L_c^k$$

$$B_i = \frac{1}{\#K} \sum_{k \in K} L_c^k$$

$$E = (I - G)B$$

$$L_r^k = \frac{E_i}{\pi}$$

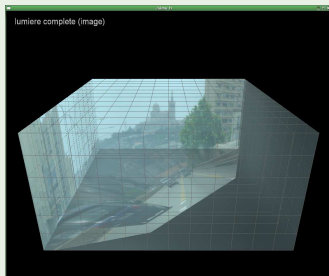
$$L_p^k = \frac{\pi L_r^k}{\rho_i \cos \theta^k} = \frac{E_i}{\rho_i \cos \theta^k}$$

$$L_p^k = \frac{E_i}{\rho_i \cos \theta^k} \frac{L_c^k}{B_i}$$

Scène de test

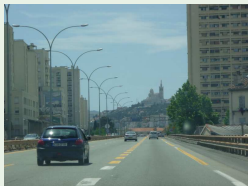
- pièce de $4,8 \times 4,8 \times 2,4$ m discrétisée en carreaux
- matériaux lambertiens
- projecteur \Leftrightarrow caméra

Analyse : cas nominal (1)

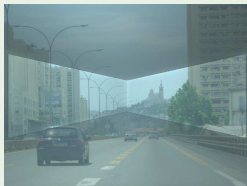


- pièce close
- $\rho = 0,7$
- projection sur 50% de la pièce

Analyse : cas nominal (2)



voulue



sans compensation

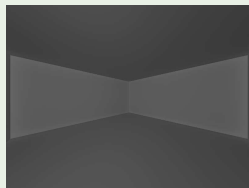


avec compensation

Analyse : influence de l'image projetée



voulue

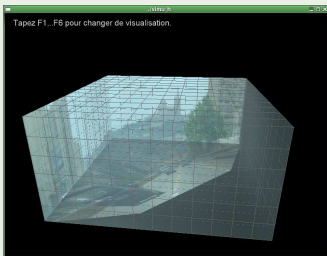


sans compensation

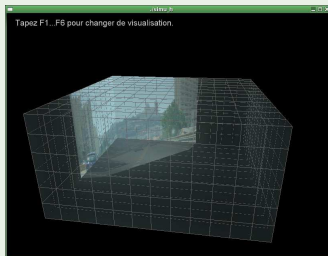


avec compensation

Analyse : influence de l'immersion (1)

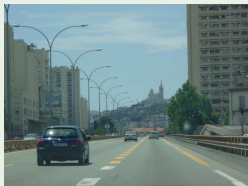


50% de la pièce

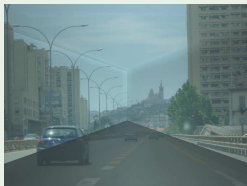


25% de la pièce

Analyse : influence de l'immersion (2)



voulue

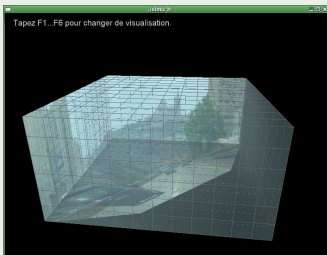


sans compensation

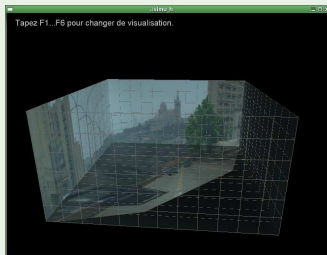


avec compensation

Analyse : influence de l'environnement (1)

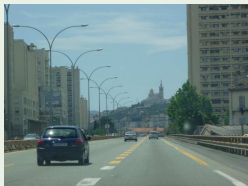


avec plafond

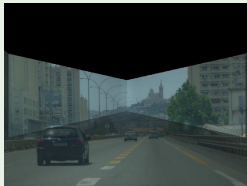


sans plafond

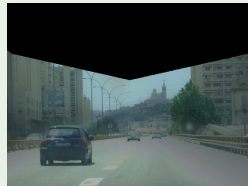
Analyse : influence de l'environnement (2)



voulue

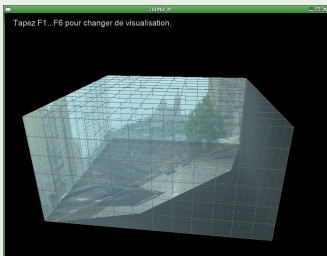


sans compensation

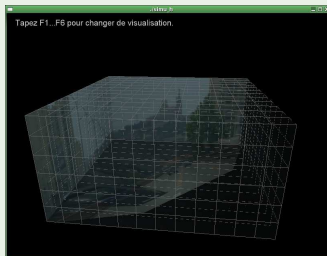


avec compensation

Analyse : influence de la réflectivité (1)

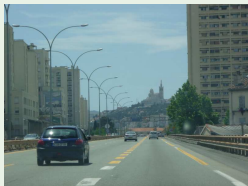


$$\rho = 0,7$$



$$\rho = 0,4$$

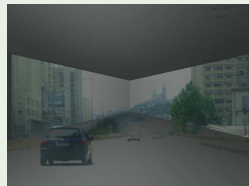
Analyse : influence de la réflectivité (2)



voulue



sans compensation



avec compensation

Évaluation quantitative : critères

- projection
 - $B_i - E_i$ (niveau des réflexions multiples)
 - E_i/B_i (rapport signal sur bruit)
- compensation
 - niveaux de l'image de compensation
 - delta entre l'image voulue et l'image visible après compensation et projection

Évaluation quantitative : résultats

	cas nominal	image grise	immersion à 25%	sans plafond	$\rho = 0,4$
$B_i - E_i$ mini	43	28	25	13	5
$B_i - E_i$ maxi	153	64	127	64	25
$B_i - E_i$ moyen	71	46	38	20	13
E_i/B_i moyen	35%	35%	45%	71%	60%
B_i compensation mini	0	0	0	0	0
B_i compensation maxi	204	69	196	186	194
E_i compensation mini	-76	-48	-48	-66	-51
E_i compensation maxi	153	48	150	166	166
delta proj moyen	32	10	21	19	83
écart-type delta proj	18	8	18	23	37
delta comp moyen	27	21	22	6	47
écart-type delta comp	12	3	11	9	38

Facteurs améliorant la projection

- ❶ pièce partiellement ouverte
- ❷ immersion partielle
- ❸ image voulue sombre et peu contrastée
- ❹ réflectivité importante

Perspectives

- matériaux spéculaires
- autres méthodes de compensation

Question ou remarques ?