



**HAL**  
open science

# Illumination photo-réaliste interactive en environnement distant

Thomas Muller, J.-M Sanchez, J. Roger, O. Prat

► **To cite this version:**

Thomas Muller, J.-M Sanchez, J. Roger, O. Prat. Illumination photo-réaliste interactive en environnement distant. Virtual Retrospect 2003, Robert Vergnieux, Nov 2003, Biarritz, France. pp.97-99. hal-01743759

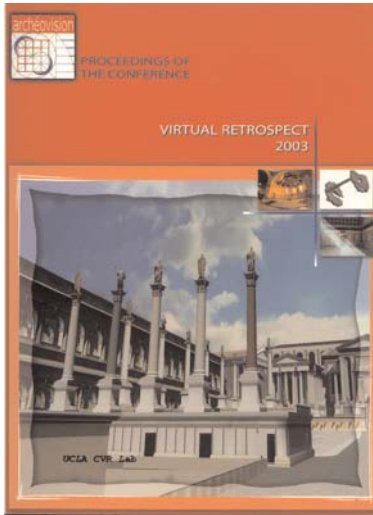
**HAL Id: hal-01743759**

**<https://hal.science/hal-01743759v1>**

Submitted on 26 Mar 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



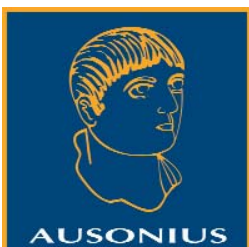
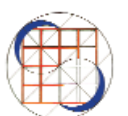
Vergnienx R. et Delevoie C., éd. (2004),  
Actes du Colloque Virtual Retrospect 2003,  
*Archéovision 1*, Editions Ausonius, Bordeaux

## Tiré-à-part des Actes du colloque Virtual Retrospect 2003

Biarritz (France) 6 et 7 novembre 2003



T. Muller, J.-M. Sanchez, J. Roger, O. Prat  
*Interactive Photorealistic Illumination for Distant Environments*  
.....pp.97-99



Conditions d'utilisation :  
l'utilisation du contenu de ces pages est limitée à un usage  
personnel et non commercial.  
Tout autre utilisation est soumise à une autorisation préalable.  
Contact : [virtual.retrospect@archeovision.cnrs.fr](mailto:virtual.retrospect@archeovision.cnrs.fr)

<http://archeovision.cnrs.fr>



# ILLUMINATION PHOTO-RÉALISTE INTERACTIVE EN ENVIRONNEMENT DISTANT

T. Muller, O. Prat, J. Roger, J.-M. Sanchez

Institut Image-ENSAM  
2, rue Thomas DUMOREY  
71100 Chalon sur Saône  
thomas.muller@cluny.ensam.fr  
roger@cluny.ensam.fr  
sanchez@cluny.ensam.fr

**Abstract :** In the frame of an augmented reality project we propose to realize realistically confusing images of once or supposedly existing buildings. To have a perfect correlation between virtual and real, we develop methods enabling the constant capture of high dynamic lighting. We show how, from pre-computed reflectance fields, we interactively light a virtual scene to finally replace it in its original context.

**Keywords :** Augmented reality - global illumination - interactive lighting.

**Résumé :** Dans le cadre d'un projet de réalité augmentée nous nous proposons de réaliser des images confondantes d'édifices disparus ou probables. Afin d'avoir une corrélation parfaite entre le monde réel et le monde virtuel, des méthodes permettant de capturer en permanence un éclairage à haute dynamique sont développées. Une méthode d'illumination originale est proposée afin d'illuminer une scène virtuelle de façon interactive à partir de champs de réflectances pré-calculés.

**Mots clés :** Réalité augmentée - illumination globale - lumière interactive.

## 1. Introduction

Les avancées récentes de la recherche en simulation d'éclairage [1] [2] permettent de produire des images de très haute qualité. Les algorithmes rendent de façon satisfaisante des illuminations locales ou globales pour une grande variété de matériaux. Bien que les calculs ne soient pas encore physico-réalistes, il est dorénavant possible de confronter une simulation à une photographie du réel. Aujourd'hui, si certains acteurs virtuels sont confondants de réalisme c'est en grande partie grâce à la correspondance de l'éclairage entre réel et virtuel.



Fig. 1: La lumière modélise l'espace.

Sur ce constat, il semble logique d'adapter ces résultats au domaine de la réalité augmentée. En effet, on constate dans ce domaine que l'intégration lumineuse est primordiale si l'on veut juger de l'apparence d'un élément virtuel positionné dans le réel. Quelque soit le domaine d'application – Urbanisme, architecture, reconstitution, automobile, artistique ... si l'on souhaite juger de l'apparence d'un élément ajouté au réel on doit prendre en compte son intégration lumineuse. La lumière modélise l'espace. Dans le cas particulier de l'architecture – qu'il s'agisse de patrimoine ou de projets – la lumière du jour, la lumière changeante, est un élément essentiel à la perception du lieu.

Bien que les puissances de calcul augmentent toujours en suivant la loi de Moore il n'est pas encore possible de rendre de telles images inter-activement. Dans certains cas, il est possible de changer le point de vue sans effectuer de nouvelle simulation [3]. Par contre, une modification de l'éclairage ou de la géométrie oblige à une réévaluation, au moins partielle, de la solution d'illumination globale. Les cartes graphiques actuelles permettent une réévaluation d'une solution globale de façon dynamique mais uniquement sur des scènes simples [4].

## 2. Capture de l'éclairage.

Les travaux présentés ont pour cadre le domaine du patrimoine pour lequel nous souhaitons développer une méthode permettant d'augmenter la réalité. La capture de l'illumination en temps réel sera tout d'abord traitée. Puis une première approche de lumière interactive sera exposée. La production d'images confondantes éclairées en temps réel est ici recherchée.

Nous nous plaçons ici dans le cas d'un objet virtuel à intégrer dans un environnement réel distant. C'est à dire que la distance géométrique entre l'objet virtuel et son environnement est suffisamment grande pour être considérée infinie. C'est le cas d'un petit objet dans une pièce sur une grande table ou d'un bâtiment indépendant éclairé uniquement par le ciel.

La luminance réelle incidente à l'élément virtuel doit être simulée ou mesurée en continu à l'emplacement souhaité. La luminance en un point est le résultat d'interactions complexes entre la lumière provenant de sources (lampes, soleil...) et l'environnement. Il n'est pas envisageable actuellement de simuler ces interactions en temps interactif qui nécessiteraient de connaître et de modéliser l'environnement. Des appareils de mesures – Spectro-goniophotomètre – plus ou moins complexes permettent de mesurer la distribution de la luminance incidente. Mais, l'information visuelle la plus significative contenue dans ces mesures est la dynamique de l'éclairage. Paul Debevec [5], propose une méthode permettant de retrouver cette dynamique à partir d'une série d'images photographiques échantillonnées en exposition. Cette méthode permet de construire des images HDRI (Images à Hautes Plages de Dynamique) au format de G.J Ward, qui serviront de source d'éclairage pour la simulation.

Dans un premier temps nous avons utilisé pour les

expérimentations un appareil photo numérique. Mais dans un souci d'efficacité, nous avons opté pour une capture vidéo.

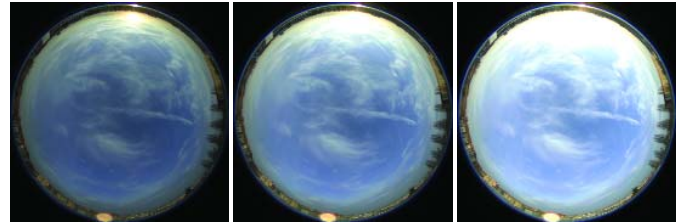


Fig. 2 : Dynamique d'un ciel de printemps.

## 3. Lumière interactive

Le calcul de l'équilibre lumineux dans une scène implique la résolution de l'équation du rendu [6].

$$L_r(x, \vec{\omega}_r) = L_e(x, \vec{\omega}_r) + \int \rho_{bd}(x, \vec{\omega}_i, \vec{\omega}_r) L_r(x', \vec{\omega}_i') G(x, x') dx dx'$$

$L_r(x, \vec{\omega}_r)$  est la radiance propre émise au point  $x$  dans la direction  $\vec{\omega}_r$ .

$G(x, x')$  est appelé facteur de forme différentiel.

$\rho_{bd}(x, \vec{\omega}_i, \vec{\omega}_r)$  est la fonction de distribution de la réflectance bidirectionnelle

Cette équation ne peut être qu'approchée par un calcul numérique. Plus la résolution est réaliste (physique) plus les temps de calcul sont importants. Actuellement, pour obtenir une image physico-réaliste d'une scène quelconque, plusieurs heures de calcul peuvent être nécessaires, sans que ce temps de calcul soit prévisible. Dans le cadre de la réalité augmentée il est nécessaire de réévaluer la solution de façon interactive (de l'ordre du dixième de seconde).

Afin de résoudre ce système dans le temps imparti et sans faire de compromis sur la qualité de la simulation nous utilisons une observation de Paul Haeberli [7]. Il montre comment l'on peut évaluer la contribution d'une source lumineuse à l'éclairage d'une scène réelle et comment, en pondérant ces contributions, il est possible de produire une image ré-éclairée de la scène. Paul Debevec [8] reprend cette étude afin de capturer des champs de réflectance d'un visage humain. Ces champs rendent compte de la proportion d'énergie réfléchie vers l'observateur pour une direction d'illumination donnée. Concrètement les champs sont des images produites à partir d'une source normalisée et pondérées par la valeur de l'angle solide d'influence.

Notre approche propose de capturer les champs de réflectance d'une scène virtuelle. Nous utilisons un moteur de rendu en illumination globale, qui pour un point de vue fixe va produire une série d'images correspondant à une direction discrète d'illumination. L'ensemble de ces directions discrètes forme une base échantillonnée dans l'espace. A partir de la carte de luminance (HDRI) produite en temps réel, il devient alors possible de ré-éclairer la scène virtuelle. Pour cela nous échantillonnons la carte de luminance suivant les mêmes directions que pour les champs de réflectance. À chaque direction de la carte de luminance correspond un poids: la luminance émise depuis la direction donnée incidente au point de capture. Si l'on applique ce poids au champ de radiance correspondant, on obtient une image de la scène virtuelle

éclairée depuis cette direction. En sommant ces contributions on obtient une image réaliste de la scène virtuelle dans l'environnement lumineux capturé :

$$\widehat{L}(x, y) = \sum_{\theta, \phi} R_{x,y}(\theta, \phi) L_i(\theta, \phi)$$

$\widehat{L}(x, y)$  est la luminance du pixel  $x, y$ .

$R_{x,y}(\theta, \phi)$  est la réflectance en  $x, y$  pour un angle d'incidence en coordonnées polaires  $\theta, \phi$ .

$L_i(\theta, \phi)$  est la luminance incidente à la scène.

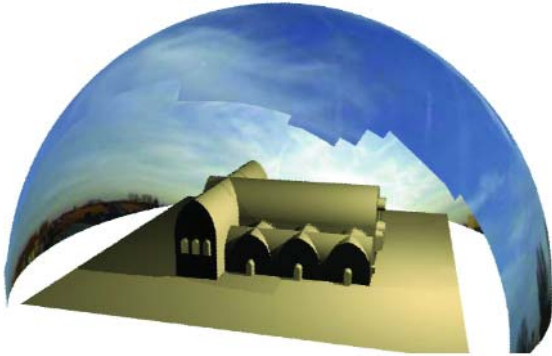


Fig. 3 : Éclairage d'une scène virtuelle par un environnement réel.

Le nombre de directions d'échantillonnage est fonction de la dynamique de l'éclairage et de sa répartition fréquentielle. De manière générale avec un échantillonnage uniforme en environnement extérieur, 200 échantillons donnent un résultat satisfaisant visuellement.

Les temps de calcul de la somme pondérée telle qu'elle est présentée ci-dessus ont l'avantage de pouvoir être prédits et d'être indépendants de la complexité de la scène. Toutefois à ce stade l'efficacité reste insuffisante. Plusieurs secondes de calcul pour une image de 512x512 sont nécessaires avec un ordinateur de type PC Pentium IV.

Deux améliorations sont envisageables pour parvenir à un temps de calcul inférieur à la seconde.

- Optimisations Hardware : En utilisant les nouvelles capacités de calculs en virgule flottante des dernières cartes graphiques.

- Réduire le nombre de directions d'échantillonnage : Il est possible de réaliser un échantillonnage non uniforme et adaptatif de la carte de luminance. On obtient ici un nombre limité de directions privilégiées fonction de l'environnement.



vue réelle

vue augmentée

Fig. 4 : Réalité augmentée.

#### 4. Conclusion

Grâce à ces travaux, nous espérons rapidement pouvoir situer dans un espace réel – en réalité augmentée – des éléments virtuels tels des bâtiments disparus ou futurs. La lumière interactive permet d'obtenir des images confondantes où réel et virtuel sont indissociables.

Nous travaillons actuellement sur l'optimisation des méthodes de calcul. Nous envisageons dans un avenir proche d'appliquer ces travaux à l'espace texture au lieu de l'espace image. Cela permettrait une interactivité en position comme en lumière.

#### Notes :

[1] Wann Jensen, H. (1996) : "Global Illumination using Photon Maps", *Rendering Techniques*, 96, 21-30.

[2] Wann Jensen, H. (2001) : "Realistic Image Synthesis using Photon Mapping"

[3] Goral C. M., K. E. Torrance, D. P. Greenberg and B. Battaile (1984) : "Modelling the Interaction of Light Between Diffuse Surfaces", in : *SIGGRAPH Proceedings*, July 6, 18, 212-222.

[4] Nijasure, M. and S. Pattanaik : "Real Time Global Illumination on GPU", - U. Central Florida, Orlando, FL-V. Goel ATI Research.

[5] Debevec, P., Jitendra Malik (1997) : "Recovering High Dynamic Range Radiance Maps from Photographs", in : *SIGGRAPH Proceedings*.

[6] Kajiya, J.T. (1986) : "The Rendering Equation. ACM Computer Graphics", in : *SIGGRAPH Proceedings*, 20(4).

[7] Haeberli, P.(1992) : "Synthetic Lighting for Photography." <http://www.sgi.com/grafica/synth/index.html>.

[8] Debevec, P.(2000) : "Acquiring the Reflectance Field of a Human Face" in : *SIGGRAPH Proceedings*.