

Reconstruction d'une source lumineuse modélisée par une quadrique à partir d'images multiples

Alexandre Morgand, Mohamed Tamaazousti, Adrien Bartoli

▶ **To cite this version:**

Alexandre Morgand, Mohamed Tamaazousti, Adrien Bartoli. Reconstruction d'une source lumineuse modélisée par une quadrique à partir d'images multiples. Journées francophones des jeunes chercheurs en vision par ordinateur, Jun 2015, Amiens, France. hal-01161835

HAL Id: hal-01161835
https://hal.science/hal-01161835

Submitted on 9 Jun 2015

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.

Reconstruction d'une source lumineuse modélisée par une quadrique à partir d'images multiples

Alexandre Morgand[1,2] Mohamed Tamaazousti[1] Adrien Bartoli[2]

[1] Laboratoire Vision & Ingénierie des Contenus, Point Courrier 94, Gif-sur-Yvette, F-91191, France
{alexandre.morgand, mohamed.tamaazousti}@cea.fr

[2] ISIT - UMR6284 CNRS / Université d'Auvergne, Clermont-Ferrand, France
adrien.bartoli@gmail.com

Résumé

Reconstruire les sources lumineuses peut améliorer de façon significative le rendu des applications de réalité augmentée (RA) et contribuer à une meilleure compréhension de la scène, à la reconstruction 3D et à la localisation de caméra.
Les approches existantes se focalisent sur l'estimation d'illumination et de radiance sans prendre en compte la géométrie des sources lumineuses. Notre méthode propose une reconstruction 3D de sources lumineuses en intérieur à partir des spécularités. Les quadriques sont utilisés comme un nouveau modèle de lumière à forme générique pouvant représenter une ampoule ou encore un néon ce qui n'est pas possible avec l'état de l'art actuel. À partir d'au moins trois points de vue contenant des spécularités, une quadrique est reconstruite en estimant des coniques pour chaque spécularité. Cette estimation initiale est raffinée par la suite en réduisant la distance entre les coniques issues de la projection de la quadrique pour chaque point de vue et les contours des spécularités associés.

Mots Clef

Modélisation de sources lumineuses, quadrique duale, réflexion spéculaire, conique, temps réel.

Abstract

Light sources reconstruction improves rendering in Augmented Reality (AR) applications and may help scene understanding, 3D reconstruction and camera localization. Most existing approaches focus on illumination and radiance estimation, but leave the lights' geometry aside. Our approach presents an indoor light sources 3D reconstruction from specular highlights. quadric surfaces are used as a new generic shape model of light sources such as spotlights and fluorescent tubes which is not achieved by the current state of the art. From at least three known viewpoints containing specularities, a quadric is estimated by fitting conics to these specularities. This initial estimation is refined afterwards by fitting the quadric projections produced for each view point with the associated specularities. This approach was tested on synthetic and real sequences and compared with well-known light models such as point and directional.
Our method currently works for planar scenes in real-time but this quadric representation could easily be used for future combination with 3D reconstruction methods and complex scenes

Keywords

Light sources modeling, quadric, dual space, specular reflection, conic, real time.

1 Introduction

La RA a le potentiel de fournir des applications utiles et variées dans un monde où une simple caméra est intégrée dans la majorité des appareils mobiles. Depuis plusieurs années, le domaine de la RA se concentre principalement sur les méthodes de localisation de caméra qui sont au cœur de toute application de RA [7, 15, 27, 28]. Une nouvelle étape pour la RA serait de modéliser les conditions lumineuses d'une scène afin d'insérer de manière naturelle un objet virtuel dans une séquence vidéo réelle. Un rendu photo-réaliste permettrait des augmentations virtuelles avancées [18] afin d'illustrer des phénomènes de lumière complexes sur des objets virtuels dans une scène réelle.
Afin de réduire d'avantage la frontière entre le réel et virtuel, plusieurs travaux se concentrent sur l'illumination globale en utilisant du photon mapping [9, 13], une estimation de radiance [8, 12] ou du shadow mapping [4, 23, 24]. Les approches d'illumination globale visent à calculer le niveau de radiance pour chaque point de la scène en modélisant les sources de lumière directes et indirectes. Les méthodes d'estimation d'illumination globale produisent un rendu en RA efficace et convaincant mais manquent de flexibilité. En effet, la scène doit être statique car ces méthodes reposent sur un processus d'initialisation coûteux en temps de calculs sur un ensemble de points de vue large avant de lancer le rendu. Cette étape ne permet pas d'avoir un éclairage dynamique comme allumer ou éteindre une lu-

mière. De plus, ces approches ne permettent pas de prédire les conditions lumineuses pour un point de vue inconnu.
À notre connaissance, reconstruire une hiérarchie de lumières dans une scène est une difficulté majeure dans la reconstruction 3D de lumières car la distinction entre lumières directes (sources lumineuses) et indirectes (réflexions) est complexe.
La reconstruction des sources lumineuses en un modèle paramétrique a pour but de palier à ces limitations. En détectant les traces de la lumière comme les ombres ou les réflexions spéculaires sur des surfaces non-Lambertiennes, des informations 3D peuvent être calculées ouvrant un panel d'applications large comme la gestion de lumières dynamiques ou la prédiction des conditions de lumière. De plus, ces approches sont suffisamment rapides pour détecter des sources lumineuse en direct sans avoir recours à une phase d'initialisation coûteuses en temps de calculs. En complément, les moteurs graphiques utilisent généralement ces modèles géométriques (paramétriques) pour rendre des scénarios à contexte lumineux complexe.
Dans cet article, nous présentons un modèle paramétrique de sources lumineuses basé sur les quadriques reconstruites à partir de réflexions spéculaires. Nous détaillons les différents modèles de lumière dans la partie état de l'art en comparant les différents cas d'utilisations, intérêts et limitations. Notre approche sera détaillée dans la section4 en décrivant notre initialisation de source lumineuse sous la forme d'une quadrique dans la section 6 et son raffinement non-linéaire en utilisant les contours des spécularités dans la section 7. Dans la section 8, nous présentons les différents résultats d'initialisation et de raffinement.

2 Du modèle physique de la lumière aux images

L'idée derrière la modélisation de lumière est de représenter chaque interaction lumineuse se produisant dans une scène, sur différents objets et matériaux. Une source lumineuse 3D peut être représentée sous différentes formes : un spot de lumière, un néon ou une lumière à l'infini comme le soleil. En complément de ces types de lumière, deux directions d'émissions des rayons lumineux sont à décrire : unidirectionnel et omnidirectionnel.
Ces sources de lumières laissent des traces sur la scène tel que les réflexions spéculaires ou les ombres. Ces éléments peuvent être utilisés pour estimer les sources de lumières et peuvent être basés selon des modèles de réflexion classiques dans le domaine de l'infographie comme Phong [22], Blinn [1] ou Lambertien [30]. Ces modèles permettent de diviser l'image I en plusieurs composantes suivant l'équation suivante :

$$I = I_s + I_a + I_d,$$

avec I_s la composante spéculaire, I_a la composante ambiante et I_d la composante diffuse.
Cependant, ces traces de la lumière sont fortement sensibles aux propriétés des matériaux où elles apparaissent. En effet, chaque matériau a une BRDF [1] associée qui est un moyen efficace d'exprimer la réponse du matériau en fonction des rayons lumineux incidents. De plus, elle décrit comment la lumière est réfléchie pour un point d'une surface avec une normale associée pour une direction d'illumination donnée [20].Plusieurs publications ont été consacrées à la détection d'ombre et à la détection de spécularité [5] [19, 11].
En pratique, la modélisation de lumière est une tache difficile dépendante d'un grand nombre de paramètres spatiaux et temporaires difficiles à estimer et à formaliser en vision par ordinateur. De plus, pour certains modèles, il est difficile de réaliser une estimation fonctionnelle en temps réel.
En pratique, la perception humaine n'a pas besoin d'un modèle de lumière parfait pour être convaincu qu'un objet virtuellement inséré est réel.

3 Travaux antérieurs

En pratique, chaque modèle de lumière est associé à une géométrie, couleur [17] et une valeur d'intensité afin de correspondre aux conditions lumineuses de façon réaliste. Bien qu'il existe une multitude de modèles de lumière en infographie, l'état de l'art de la reconstruction de sources lumineuses en vision par ordinateur est généralement divisé en deux catégories : les sources lumineuses directionnelles et les sources lumineuses ponctuelles.
Le modèle directionnel a pour objectif de modéliser l'illumination distante et les lumières indirectes comme les lumières extérieures (soleil). De nombreux travaux utilisent le modèle directionnel pour le rendu en RA comme les approches de [14, 16, 29]. Cependant, pour des lumières en intérieur, les approches directionnelles restent limitées pour des réflectances complexes et des scènes complexes. Ce modèle paramétrique n'est également pas capable de prédire des conditions de lumières futures pour des points de vue inconnus. On peut noter que le rendu des traces de lumières comme les spécularités, les caustiques et les ombres requiert un modèle paramétrique plus complet.
Les approches utilisant le modèle ponctuel sont généralement bien connu de l'état de l'art pour sa simplicité et son coût relativement faible en temps de calculs. Ce modèle est généralement représenté par un point 3D et idéalement couplé avec une couleur et une intensité. Boom *et al.* [2] ont montré des résultats intéressants en utilisant une caméra RGB-D sur des surfaces Lambertiennes. Cependant, une seule source de lumière est estimée ce qui n'est pas adapté à des types de lumières plus complexes comme un spot ou encore un néon dans une scène non-Lambertienne.
En pratique, le modèle ponctuel est adapté pour la calibration de lumière et de caméra. L'approche de Park *et al.* [21] utilise un plan à surface non-Lambertienne et des spécularités qui, si disponibles, permettent de calibrer une source lumière proche et non-isotrope. Ainsi les modèles de lumière directionnels et ponctuels ne sont pas adaptés pour représenter un contexte lumineux complexe comme

1. Bidirectional reflectance distribution function.

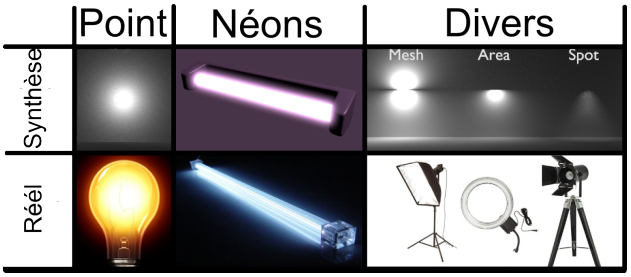


FIGURE 1 – Illustration des différents types de lumière en synthétique et réel.

des néons ou encore des lumières polygonales comme les lumières éclairant une zone (Area light) [25]. En effet, ces modèles répondent à un type de sources de lumière précis et manque de généricité.
Pour répondre à cette problématique, nous proposons un modèle paramétrique basé sur une quadrique incluant la représentation ponctuelle, directionnelle et de zone à partir de spécularités.

4 Approche proposée

L'objectif de notre méthode est de fournir une modélisation géométrique de la lumière dans une scène 3D constituée d'une ou plusieurs sources lumineuses. Cette modélisation est réalisée par l'observation de traces de la lumière sur un plan à matière spéculaire. Notre étude se concentre essentiellement sur les réflexions spéculaires. Ces traces représentent la projection de la lumière réfléchie vers la caméra. À noter, que ces spécularités sont dépendantes du point de vue.

4.1 Modèle géométrique et hypothèses

Dans notre étude, nous nous plaçons dans un contexte intérieur avec des sources lumineuses ponctuelles. Le premier intérêt d'un modèle géométrique pour la modélisation des lumières est de pouvoir faire de la prédiction sur des points de vue inconnus. En effet, les méthodes de l'état de l'art réalisent, en général, une phase d'apprentissage du contexte lumineux. Après cette phase, la scène doit rester statique et le rendu est limité à la zone d'apprentissage. L'intérêt d'utiliser la quadrique comme support géométrique de notre méthode est sa généricité. En effet, nous estimons à la fois la position de la lumière mais également sa forme. Cette quadrique permet de représenter diverses formes une sphère, une ellipsoïde, une droite voire un cylindre. De plus, elle a l'avantage de représenter un grand nombre de lumière que l'on retrouve dans un contexte intérieur (voir figure 1).
Une réflexion spéculaire sur un plan peut être approximée par une ellipse ou un cercle. Ces deux formes sont inclues dans la représentation en conique C qui sera utilisée dans notre méthode. La contribution majeure de notre méthode est de modéliser chaque source lumineuse par une quadrique Q avec comme projection sur le plan Π la conique C (réflexion spéculaire) pour une pose de caméra donnée.

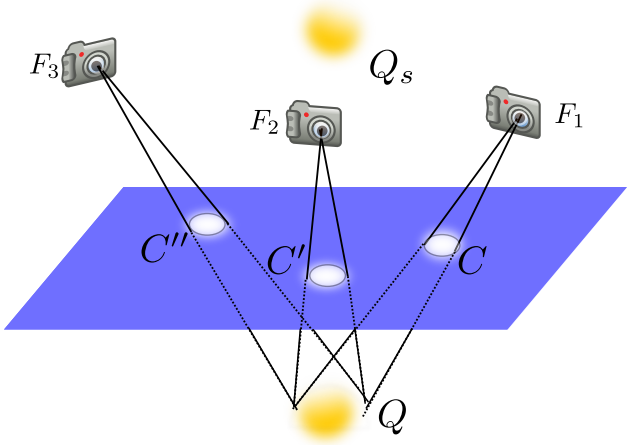


FIGURE 2 – Schéma illustrant l'ensemble de notre méthode. La lumière (modélisée par une quadrique Q_s) laisse plusieurs traces spéculaires sur le plan sous forme de spécularités. Nous approximons ces spécularités par des coniques (C, C', C''). La quadrique Q correspond à la symétrie de la quadrique Q_s par rapport au plan de la scène.

Dans cette scène, on considère la géométrie de la scène (le plan) et les poses de la caméra connues. Afin de modéliser les sources lumineuses, de nombreux détecteurs de spécularités sont disponibles dans l'état de l'art. Nous justifierons le choix de la méthode utilisée dans la section 8.

4.2 Pipeline de la méthode

Afin de modéliser notre source lumineuse sous forme de quadrique, l'estimation est réalisée en deux étapes : l'initialisation de la quadrique et le raffinement.
Pour l'initialisation, nous nous sommes inspirés de la méthode Cross *et al.* [3] pour estimer la quadrique Q à partir de 3 points de vue.

5 Généralités sur les quadriques et coniques

Une quadrique est une surface, à neuf degrés de liberté, représentée par une matrice $Q \in \mathbb{R}^{4\times4}$ symétrique telle que les points X sur sa surface satisfont la contrainte quadratique :

$$X^\top Q X = 0, \tag{1}$$

où X est un point 3D représenté en coordonnées homogènes tel que $X = (x, y, z, 1)^\top$.

Le contour d'occultation d'une quadrique dans le plan image est une conique. Celle-ci permet de regrouper de nombreuses formes comme les cercles, les ellipses voire les droites et les points. Une conique a cinq degrés de liberté et sa représentation par points est une matrice symétrique $C \in \mathbb{R}^{3\times3}$ telle que les points x sur cette conique satisfont la contrainte quadratique :

$$x^\top C x = 0. \tag{2}$$

Nous allons utiliser ces coniques afin de modéliser les taches spéculaires présentes sur les différents plans de la scène. Notre objectif est de trouver la quadrique Q telle que l'ensemble de ses projections dans le plan (contours occultant formant une conique) correspondent aux taches spéculaires détectées dans chaque image.
Afin de mettre en relation C et Q, nous devons nous mettre dans l'espace dual. Les coniques duales utilisent une représentation par droite l telle que :

$$l^\top C^* l = 0. \tag{3}$$

Pour les quadriques duales, une représentation par plan Π est utilisée telle que :

$$\Pi^\top Q^* \Pi = 0. \tag{4}$$

Dans l'espace dual, nous pouvons utiliser la relation suivante :

$$C^* \sim P Q^* P^\top, \tag{5}$$

avec $Q^* = adj(Q)$ avec $adj(Q)$ l'adjoint de Q et $C^* = adj(C)$ avec $adj(C)$ l'adjoint de C

6 Initialisation

Nous avons utilisé la méthode de Cross *et al.* [3] afin de reconstruire Q^* en transformant la relation (5) en un système linéaire. En vectorisant Q, P et C en Q_v, B et C_v respectivement, nous pouvons construire un système (6) en utilisant les réflections spéculaires comme coniques C et la source lumineuse Q pour n points de vue avec $n \geq 3$.

$$Mw = 0 \Leftrightarrow$$

$$\begin{pmatrix} B_1 & -C^*_{1,v} & 0 & \dots & 0 \\ B_2 & 0 & -C^*_{2,v} & & 0 \\ \vdots & 0 & 0 & \ddots & \vdots \\ B_n & 0 & 0 & \dots & -C^*_{n,v} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Q^*_v \\ \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \vdots \\ \alpha_n \end{pmatrix} = 0, \tag{6}$$

avec une matrice $B_i \in \mathbb{R}^{6\times 10}$. La solution de ce système linéaire (6) est calculée par une décomposition en valeurs singulières (SVD) de M. On peut noter que α_i est défini à une échelle près tel que : $\alpha_i c^*_{i,v} = B_i Q^*_{i,v}$ pour le point de vue i. La méthode de reconstruction de quadrique est illustrée à la figure 2.

7 Raffinement non-linéaire

L'étape de raffinement non-linéaire est nécessaire pour corriger et affiner correctement la quadrique. En effet, pour une séquence réelle, l'initialisation ne suffit pas à donner un résultat définitif et applicable pour prédire correctement les spécularités pour de nouveaux points de vue. Cette première estimation peut se limiter à plusieurs points de vue peu répartis comme à la figure 5. Ainsi, pour un point de vue plus éloigné, la quadrique estimée peut s'avérer incohérente.
Pour réaliser ce raffinement, nous allons calculer les différentes coniques C issues de la projection de la quadrique Q sur le plan avec une pose donnée P et les comparer avec les contours des taches spéculaires associées. La quadrique est raffinée si la distance entre la conique et sa spécularité associée est minimale.

7.1 Fonction de coût avec variables latentes

Calculer une distance point/conique entre les points de contour d'une spécularité et sa conique associée n'est pas optimal en pratique. En effet, calculer la distance entre un point et une conique nécessite de calculer la racine d'ordre 4 d'un polynôme ce qui est couteux en temps de traitement et ne permet pas une dérivée analytique. Pour ces raisons, une distance point/point est préférable. Pour discrétiser la conique en différents points, une paramétrisation de conique est nécessaire.

Paramétrisation de conique pour l'association point/point. Afin de résoudre ce problème, Sturm *et al.* [26] proposent une paramétrisation de la conique afin de l'échantillonner en fonction des points de contours les plus proches de la conique. Cette paramétrisation permet ainsi d'obtenir une distance point/point plus rapide, plus cohérente et plus adaptée à notre contexte.
Intuitivement, le point sur la conique le plus proche d'un point de contour correspond à l'intersection de la droite, passant par le centre de la conique et le point de contour, avec la conique. Cependant, il est plus simple de calculer l'homographie H appliquée à notre conique C afin de transformer celle-ci en un cercle unitaire. En effet, sans cette transformation, cet échantillonnage de conique impliquerait le calcul d'une intersection entre une droite et une conique ce qui n'est pas trivial et coûteux en temps de calcul. Cependant, avec la transformation H, le problème se résume à un calcul d'angle déduit par relation trigonométrique.
Ainsi, nous appliquerons également ce H pour les points de contours de la spécularité. Ce principe est illustré dans la Fig.3.
Dans un premier temps, nous devons estimer la transformation H tel que notre conique C est obtenue par la relation :

$$C = H^{-\top} C_{unit} H^\top,$$

avec C_{unit} le cercle unitaire centré à l'origine.

H est obtenu en convertissant C en représentation naturelle explicitant les coordonnées du centre $p_o = (x_o, y_o)^\top$, les scalaires s_x, s_y et l'angle de rotation de la conique α. H se construit de la manière évoquée par Hartley et. al. [10] :

$$H = \begin{pmatrix} s_x \cos(\alpha) & -s_y \sin(\alpha) & x_o \\ s_x \sin(\alpha) & s_y \cos(\alpha) & y_o \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \tag{7}$$

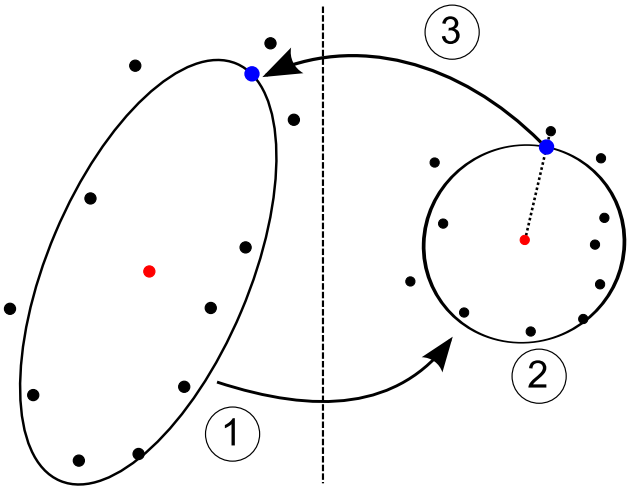


FIGURE 3 – Paramétrisation de conique. À partir de l'état initial (gauche) avec les contours de la spécularité (points noirs), nous associons à chaque point de contours un point sur la conique. Ces points de la conique sont calculés en transformant la conique (en cercle unitaire (droite)) et les points de contours par l'homographie H^{-1} (étape (1)). Dans l'étape (2), nous calculons les intersections des lignes, passant par les points de contours et le centre du cercle unitaire, avec ce même cercle. Dans l'étape (3), les intersections (points bleus) sont transformés à nouveau sur la conique avec l'homographie H.

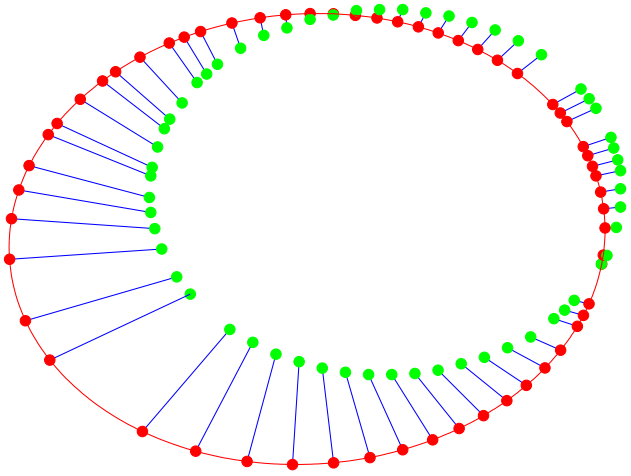


FIGURE 4 – (a) Distance point/point distance représentée par la somme des distances euclidiennes entre les contours de la spécularité (points verts) et la conique discrétisée (points rouges).

Cette paramétrisation a pour objectif d'associer les points de contours de la spécularité avec les points associés les plus proches de la conique. Cette étape est réalisée une seule fois afin de fournir un état initial au processus de raffinement non-linéaire. Ces points seront utilisés comme paramètres dans le raffinement pour contraindre davantage la quadrique à raffiner.

Distance point/point de coniques. Notre distance correspond à la somme des distances euclidiennes pour chaque paire de point $q'_{i,j}$ (points de contours de la spécularité) et $q_{i,j} \in C$ tel que :

$$\sum_{j=1}^{m} d(q'_j, q_j), \tag{8}$$

avec m le nombre de points de contours pour la conique C. Cette distance est illustrée sur la figure4.

Fonction de coût. Afin de contraindre davantage le raffinement et réduire la dimensionnalité de la minimisation, des variables latentes sont utilisées sous forme de points 2D notés $q_{i,j}$, contraints d'être sur la conique C et comparés avec les points de contours $q'_{i,j}$ de la spécularité.
Cette formulation nous permet d'imposer la contrainte suivante lors de notre minimisation :

$$q'_{i,j} C_j q'^{\top}_{i,j} = 0. \tag{9}$$

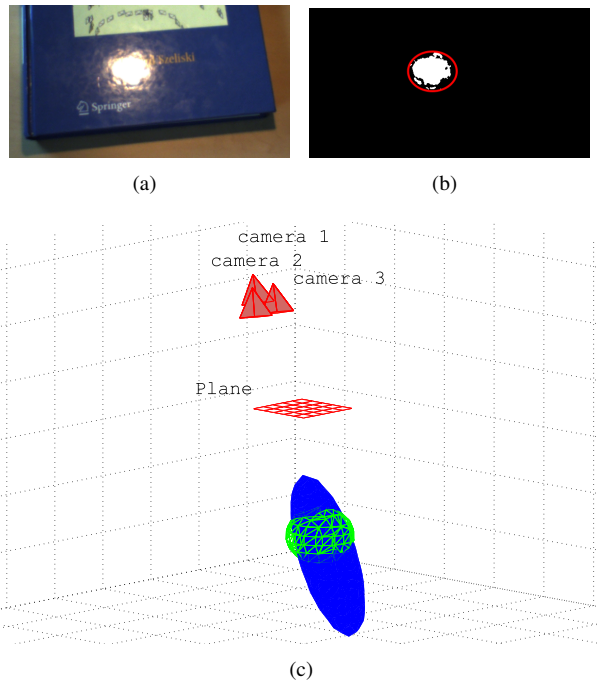
La quadrique et les différents points (variables latentes) sur chaque conique constituent les paramètres de minimisation. Ces points notés $q_{i,j}$ sont estimés par la paramétrisation de conique de Sturm *et al.* [26] pour chaque conique C_i avec i son indice.
Pour simplifier l'écriture de la formule, on suppose que toutes les taches spéculaires ont le même nombre de points de contours m de la fonction de coût suivante :

$$\begin{cases} \min\limits_{Q, q_{1,1}, \ldots, q_{n,m_i}} & \sum\limits_{i=1}^{n} \sum\limits_{j=1}^{m_i} d(q'_{i,j}, q_{i,j}), \\ \text{subject to} & q'_{i,j} C_j q'^{\top}_{i,j} = 0 \end{cases} \tag{10}$$

Afin de réaliser ce raffinement, nous avons utilisé une descente de gradient sous contrainte.

8 Protocole expérimental

Dans cette section, une évaluation qualitative est présentée sur des données de synthèse. Le scénario de cette évaluation comporte une lumière placée à 20 cm au dessus d'un plan de dimensions 40×40 cm. L'ensemble du scénario a été généré sous Blender. Quelques images de la séquence sont présentées à la figure 5(a). Pour détecter les spécularités, une méthode temps réel offrant des résultats précis est nécessaires. Nous avons utilisé la méthode de Morgand *et al.* [19] offrant des résultats précis et adaptés à un contexte temps réel et des conditions de luminosités variables. À partir des images binaires fournies par le détecteur, nous utilisons la méthode de Fitzgibbon *et al.* [6] afin de déduire les coniques C des spécularités détectées.



(a) (b)

(c)

FIGURE 5 – (a) Images réelles utilisées pour la détection de spécularité et correspondance d'ellipse avec les contours (b) . (c) représente le résultat de l'initialisation pour des points de vue proches. La proximité des caméras ne permet pas de contraindre suffisamment la quadrique. Des points de vue mieux répartis sont nécessaires pour reconstruire une meilleure quadrique.

8.1 Résultats visuels de l'initialisation

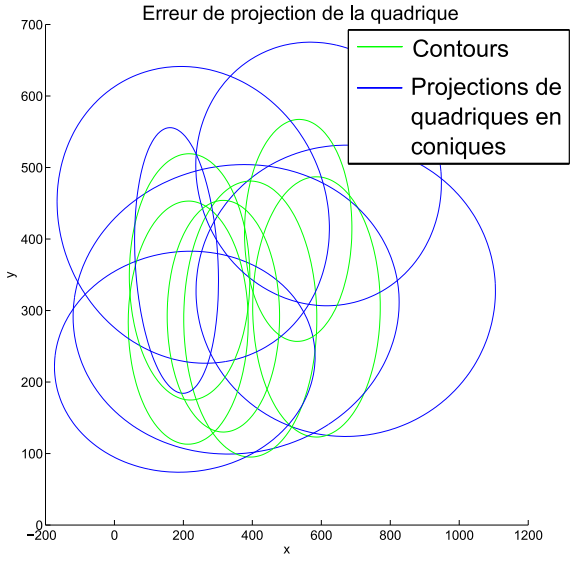
Contrairement à l'approche de Cross *et al.* [3], nous observons les traces de la lumière (spécularités illustrées dans la figure 5(a)) sous forme de coniques comme observé à la figure 5(b) pour estimer la quadrique Q.
Nos résultats sont affichés en bleu dans la figure 5(c) accompagnés de la vérité terrain représentée par un maillage vert pour la quadrique.

8.2 Résultats du raffinement de la quadrique

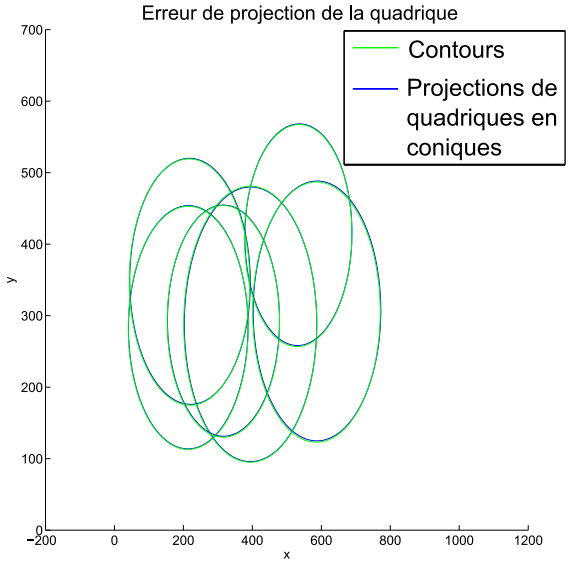
Le résultats obtenu lors de l'initialisation est déjà suffisant pour être exploitable dans de nombreuses applications, cependant afin de gérer le bruit potentiel des contours de spécularité, nous avons réalisé un raffinement non-linéaire sur cette quadrique à partir des contours des spécularités des images. Pour tester la robustesse de ce raffinement, nous avons bruité l'initialisation. Les résultats sont présentés dans les figure 6 et 7.

9 Discussions et conclusions

Dans cet article, nous avons présenté une nouvelle approche de reconstruction géométrique des lumières par l'utilisation d'une représentation en quadrique. Cette approche est née du constat qu'une réflexion spéculaire sur un plan peut être approximée par une ellipse ou un cercle.

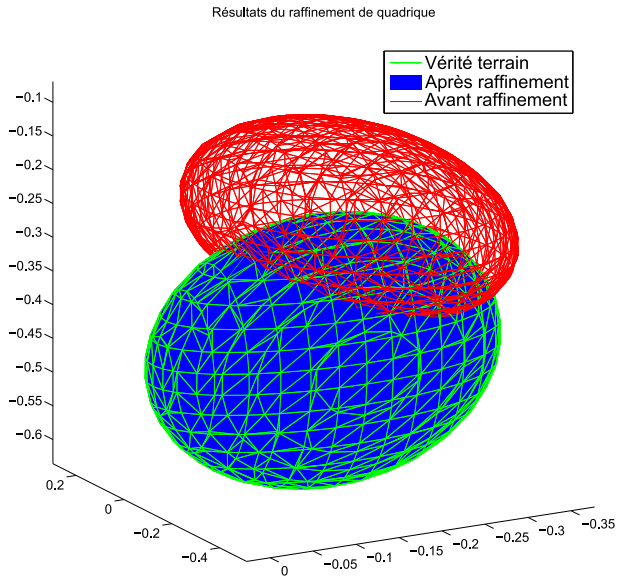


(a)

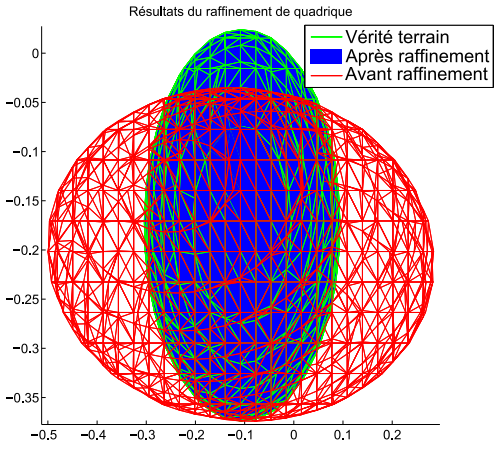


(b)

FIGURE 6 – Résultats de notre raffinement de quadrique sur les coniques obtenues par projection de la quadrique selon le point de vue. (a) illustre l'erreur de projection des coniques (bleu) en comparaison avec les contours des spécularités associées (vert). (b) montre les différentes projections de la quadrique raffinée. Ces coniques correspondent avec précision aux contours des spécularités.



(a)



(b)

FIGURE 7 – Résultats de notre raffinement de quadrique à partir des contours des spécularités sur une initialisation fortement bruitée.

Ces deux formes sont inclues dans la représentation en conique. Notre méthode reconstruit chaque source lumineuse sous forme d'une quadrique auquel on associe une projection sur le plan. Cette projection correspond à une conique C (réflexion spéculaire) pour une pose de caméra donnée. Les spécularités représentent le reflet de la source lumineuse sur une surface spéculaire. De ce fait, la quadrique estimée dans un premier temps correspond à la symétrie de la quadrique représentant la source lumineuse par rapport au plan. Nous avons dans un premier temps initialisé cette quadrique à partir de 3 points de vue. Ces points de vue doivent être choisis avec attention car la qualité de l'initialisation en dépend. En effet, pour 3 points de vue réparties dans la scène, notre système linéaire liant coniques (spécularités) et quadrique (source lumineuse) dans l'initialisation est mieux contraint et offre de meilleurs résultats. Pour améliorer cette estimation, une phase de raffinement non-linéaire est réalisée sur l'ensemble des points de vue. La fonction de coût associée estime une distance entre les projections de quadrique en coniques pour chaque points de vue avec la spécularité associée. Cette méthode a montré son efficacité sur des séquences de synthèse. De nouveaux tests seront réalisés dans de futurs travaux sur des séquences réelles afin de justifier l'intérêt du raffinement non-linéaire sur la quadrique estimée.

Références

[1] James F Blinn. Models of light reflection for computer synthesized pictures. SIGGRAPH, 1977.

[2] Ning McDonagh Fisher Boom, Orts-Escolano. Point light source estimation based on scenes recorded by a rgb-d camera. BMVC, 2013.

[3] Geoffrey Cross and Andrew Zisserman. Quadric reconstruction from dual-space geometry. In *Computer Vision, 1998. Sixth International Conference on*, pages 25–31. IEEE, 1998.

[4] Michael Csongei, Liem Hoang, and Christian Sandor. Interactive near-field illumination for photorealistic augmented reality on mobile devices. In *Virtual Reality*, VR, 2014.

[5] Qi Dong, Yanli Liu, Qijun Zhao, and Hongyu Yang. Detecting soft shadows in a single outdoor image : From local edge-based models to global constraints. *Computers & Graphics*, 38 :310–319, 2014.

[6] Andrew W Fitzgibbon, Robert B Fisher, et al. A buyer's guide to conic fitting. *DAI Research paper*, 1996.

[7] Christian Forster, Matia Pizzoli, and Davide Scaramuzza. Svo : Fast semi-direct monocular visual odometry. In *International Conference on Robotics and Automation*, ICRA, 2014.

[8] Lukas Gruber, Tobias Langlotz, Pradeep Sen, Tobias Hoherer, and Dieter Schmalstieg. Efficient and robust radiance transfer for probeless photorealistic augmented reality. In *Virtual Reality*, VR, 2014.

[9] Toshiya Hachisuka, Shinji Ogaki, and Henrik Wann Jensen. Progressive photon mapping. In *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, volume 27, page 130, 2008.

[10] R. I. Hartley and A. Zisserman. *Multiple View Geometry in Computer Vision*. Cambridge University Press, ISBN : 0521540518, second edition, 2004.

[11] Sunil Hadap Inso Kweon Hyeongwoo Kim, Hailin Jin. Specular reflection separation using dark channel prior. CVPR, 2013.

[12] Jan Jachnik, Richard A. Newcombe, and Andrew J. Davison. Real-time surface light-field capture for augmentation of planar specular. ISMAR, 2012.

[13] Wojciech Jarosz, Matthias Zwicker, and Henrik Wann Jensen. The beam radiance estimate for volumetric photon mapping. SIGGRAPH, 2008.

[14] Masayuki Kanbara and Naokazu Yokoya. Real-time estimation of light source environment for photorealistic augmented reality. ICPR, 2004.

[15] Georg Klein and David Murray. Parallel tracking and mapping for small ar workspaces. In *International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, ISMAR, 2007.

[16] Pascal Lagger and Pascal Fua. Using specularities to recover multiple light sources in the presence of texture. ICPR, 2006.

[17] Clifford Lindsay and Emmanuel Agu. Automatic multi-light white balance using illumination gradients and color space projection. In *International Symposium on Visual Computing*, ISVC, 2014.

[18] Maxime Meilland, Christian Barat, and Andrew Comport. 3d high dynamic range dense visual slam and its application to real-time object re-lighting. In *International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, ISMAR, 2013.

[19] Alexandre Morgand and Mohamed Tamaazousti. Generic and real-time detection of specular reflections in images. VISAPP, 2014.

[20] Fred Edwin Nicodemus. *Geometrical considerations and nomenclature for reflectance*, volume 160. US Department of Commerce, National Bureau of Standards Washington, D. C, 1977.

[21] Jaesik Park, Sudipta N Sinha, Yasuyuki Matsushita, Yu-Wing Tai, and In So Kweon. Calibrating a non-isotropic near point light source using a plane. In *Computer Vision and Pattern Recognition*, CVPR, 2014.

[22] Bui Tuong Phong. Illumination for computer generated pictures. *Communications of the ACM*, 18(6) :311–317, 1975.

[23] Kai Rohmer, Wolfgang Buschel, Raimund Dachselt, and Thorsten Grosch. Interactive near-field illumination for photorealistic augmented reality on mobile devices. In *International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, ISMAR, 2014.

[24] Imari Sato, Yoichi Sato, and Katsushi Ikeuchi. Acquiring a radiance distribution to superimpose virtual objects onto a real scene. *Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on*, 5(1) :1–12, 1999.

[25] Dirk Schnieders, Kwan-Yee K Wong, and Zhenwen Dai. Polygonal light source estimation. In *Asian Conference on Computer Vision*, ACCV. 2010.

[26] Peter Sturm and Pau Gargallo. Conic fitting using the geometric distance. In *Asian conference on Computer Vision*, ACCV. 2007.

[27] Mohamed Tamaazousti, Vincent Gay-Bellile, S Naudet Collette, Steve Bourgeois, and Michel Dhome. Nonlinear refinement of structure from motion reconstruction by taking advantage of a partial knowledge of the environment. CVPR, 2011.

[28] Wei Tan, Haomin Liu, Zilong Dong, Guofeng Zhang, and Hujun Bao. Robust monocular slam in dynamic environments. In *International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, ISMAR, 2013.

[29] Kwan-Yee K Wong, Dirk Schnieders, and Shuda Li. Recovering light directions and camera poses from a single sphere. In *European Conference on Computer Vision*, ECCV. 2008.

[30] Robert J Woodham. Photometric method for determining surface orientation from multiple images. *Optical engineering*, 19(1), 1980.