Désoccultation de cartes de profondeurs pour la synthèse de vues virtuelles

Pierre Buyssens, Olivier Le Meur, Maxime Daisy, David Tschumperlé, Olivier Lézoray

▶ **To cite this version:**

Pierre Buyssens, Olivier Le Meur, Maxime Daisy, David Tschumperlé, Olivier Lézoray. Désoccultation de cartes de profondeurs pour la synthèse de vues virtuelles. RFIA 2016, Jun 2016, Clermont-Ferrand, France. hal-01320967

HAL Id: hal-01320967
https://hal.science/hal-01320967

Submitted on 24 May 2016

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.

Désoccultation de cartes de profondeurs pour la synthèse de vues virtuelles

Pierre Buyssens[1], Olivier Le Meur[1],
Maxime Daisy[2], David Tschumperlé[2], Olivier Lézoray[2] *

[1]Université de Rennes, IRISA UMR 6074,
263 avenue du Général Leclerc, 35042 RENNES
[2]Université de Normandie, UNICAEN, ENSICAEN, GREYC UMR CNRS 6072,
6 Bd. du maréchal Juin, 14050 CAEN

Résumé

*Dans cet article, nous proposons de nous attaquer au problème spécifique de la désoccultation de cartes de profondeur lors de la synthèse de vue virtuelles d'images RGB-D. Issues d'un processus de transformation (*warping*), les cartes de profondeur synthétisées contiennent des trous (occultations) qu'il est nécessaire de restaurer (désocculation). Une analyse détaillée de la problématique liée à la désoccultation de cartes de profondeur nous permet de proposer un algorithme intuitif de restauration de cartes de profondeur, permettant en particulier de restaurer les structures manquantes des objets, ce qui est essentiel pour la cohérence visuelle finale de la vue virtuelle. Les comparaisons de notre approche aux méthodes de l'état de l'art sur des images difficiles confirment la pertinence de notre méthode.*

Mots Clef

Désoccultation, cartes de profondeur, synthèse de vue virtuelle.

Abstract

In this paper, we propose to tackle the specific problem of the disocclusion of depth-maps when synthesizing virtual views from RGB-D images. The warping process used to synthesize such a new view creates indeed holes in the depth-map that we propose to inpaint. A detailed analysis of the depth-map disocclusion problem leads us to the proposal of an intuitive algorithm. In particular, our approach recovers well lost structures of the objects, which is essential for the visual consistency of the final virtual view. Comparisons of our approach to state-of-the-art methods confirm the relevance of our proposal.

Keywords

Disocclusion, depth-maps, virtual view synthesis.

1 Introduction et contexte

La télévision 3D et le cadre plus général du rendu indépendant du point de vue (*Free-Viewpoint Rendering*) sont devenues des technologies prometteuses pour l'émergence de nouvelles expériences multimédias telles que le cinéma 3D, la diffusion de contenus 3D, ou encore l'affichage 3D plus général. Le rendu basé profondeur (*Depth Image Based Rendering*) est ainsi devenu un point important lors de la capture vidéo/photo d'une scène : cela consiste à récupérer, en plus de l'information photométrique classique, l'information de profondeur de la scène. Une carte de profondeur encode pour chaque pixel/élément sa profondeur relative à l'origine de la caméra. À l'aide de cette paire d'images, il est alors possible de synthétiser une vue virtuelle de la scène comme si celle-ci avait été capturée d'un point de vue différent : ce processus de transformation est plus connu sous le nom de *warping* [7].

Un problème de taille se pose cependant lorsqu'une telle vue virtuelle est synthétisée : étant donné que les objets ne *bougent* pas de la même manière selon leur profondeur relative, il arrive que des zones de l'arrière-plan (*background*) jusqu'alors cachées par un objet ayant une profondeur moindre (*foreground*) dans la vue originale aient à être rendus dans la vue synthétisée. Ces parties inconnues sont appelées occultations, et le processus permettant de les restaurer est appelé *désoccultation* (qui est un cas particuler du problème plus général d'inpainting). Il est important de noter ici que ces occultations apparaissent à la fois dans l'image couleur mais aussi dans la carte de profondeur.

La figure 1 illustre le phénomène de façon schématique avec une translation horizontale du point de vue : les parties connues (en bleu et rouge) ne sont que partiellement rendues dans l'image synthétisée. Une partie non négligeable de la vue virtuelle est inconnue (en vert) : l'arrière-plan qui était caché par l'objet de l'avant-plan, et l'arrière-plan qui était en dehors de l'écran.

Dans cet article, nous traitons spécifiquement de la désoccultation des cartes de profondeur. En effet, et comme souligné dans [13], restaurer dans un premier temps la carte de profondeur pour, dans un second temps, l'utiliser afin de restaurer l'image couleur conduit à plus de flexibilité lors de la conception d'algorithmes. De plus, les problématiques liées à ces deux modalités étant bien différentes, il est préférable de concevoir deux algorithmes différents

*Ces recherches sont financées par le projet Action 3DS.

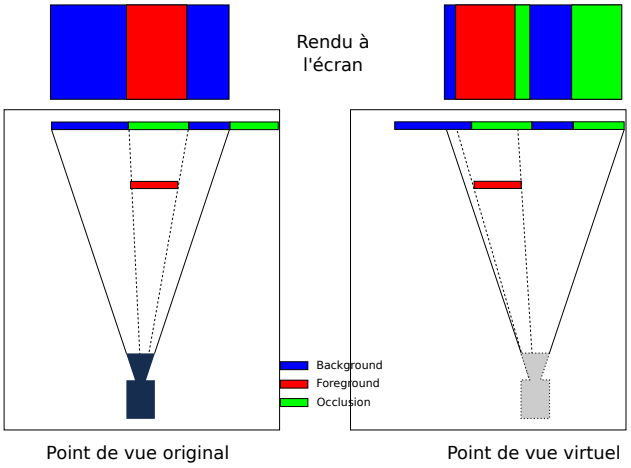

FIGURE 1 – Illustration de la synthèse de vue (image de droite) pour une translation horizontale du point de vue (image de gauche). Les rendus à l'écran correspondants sont donnés en haut de la figure. Le rendu contient notamment beaucoup de zones à restaurer (en vert).

spécifiques à chacune des modalités (désoccultation de la carte de profondeur, et de l'image couleur).

Cet article propose plusieurs **contributions** : premièrement, nous réalisons une analyse détaillée du problème de la désoccultation des cartes de profondeur, et des difficultés soulevées par ce type de modalité. Nous montrons au passage pourquoi les méthodes proposées jusqu'ici dans l'état de l'art sont insuffisantes. Nous proposons ensuite un algorithme intuitif composé de trois étapes permettant de résoudre les problématiques énoncées. Enfin nous comparons notre méthode à de nombreuses méthodes précédemment proposées dans l'état de l'art sur des images difficiles de bases de données de référence.

Notations : Dans la suite, une carte de profondeur est considérée comme une fonction $J : \mathcal{J} \rightarrow \mathbb{R}$, où $\mathcal{J}$ est le support de J. Nous notons $\mathcal{W} : \mathcal{J} \rightarrow \mathcal{J}$ le processus de transformation (*warping*) qui transforme une carte de profondeur *originale* J_o en carte de profondeur synthétisée J_s. La synthèse des cartes de profondeur de cet article sont réalisées à l'aide du processus de warping régit par les équations standards de warping 3D [11].

2 État de l'art

Très peu de recherches traitent spécifiquement du problème de la désoccultation de cartes de profondeur, la plupart se concentrant sur la désoccultation d'images couleur (en considérant la carte de profondeur adjointe déjà restaurée). Il faut cependant noter les méthodes de désoccultation spécifiques aux cartes des profondeur telles que celles proposées dans [8] ou [12] qui remplissent un trou donné à l'aide d'un algorithme scanline. Étant donné un pixel p à inpainter, les pixels (connus) se situant le plus à gauche et à droite du trou sont récupérés et celui ayant la profondeur la plus petite (qui correspond à l'arrière-plan) est retenu afin de définir la profondeur de la ligne qui va être tracée.

Partant du constat que la carte de profondeur est régulière par morceaux, les auteurs de [6] proposent de procéder à la désoccultation à l'aide d'un schéma de diffusion isotrope reposant sur les équations de Navier-Stokes et de la dynamique des fluides [1].

Finalement, les auteurs de [13] ont récemment proposé d'utiliser la carte de profondeur originale J_o afin de faciliter la recherche des *bonnes* profondeur pour la désoccultation. Un tel schéma repose sur l'utilisation de la fonction inverse de *warping* $\mathcal{W}^{-1}$, et permet d'inpainter correctement (avec des profondeurs liées à l'arrière-plan) des trous qui ne sont entourés que par un objet de l'avant-plan (foreground). L'inpainting à proprement parler est effectué à l'aide d'un algorithm scanline (similaire à celui proposé dans [8] et [12]). À noter que dans nos précédents travaux [2], nous avons également proposé d'utiliser la carte de profondeur originale J_o. Notre précédent algorithme reposait cependant sur une sur-segmentation des cartes de profondeur en superpixels [4] afin de 1) obtenir un algorithme plus robuste, et 2) obtenir une modélisation cohérente des cartes de profondeur.

3 Désoccultation de cartes de profondeur

Avant de détailler l'algorithme que nous proposons pour la désoccultation des cartes de profondeur, nous commençons par passer en revue les principales difficultés soulevées par ce type de données et montrons par la même occasion pourquoi les méthodes proposées dans l'état de l'art sont insuffisantes.

3.1 Analyse du problème

Le problème de la désoccultation se pose quand le changement de point de vue d'une scène révèle des zones (essentiellement de fond) qui étaient masquées par des objets. La désoccultation de ces zones pour des cartes de profondeur n'est en fait pas une tâche facile, et est souvent traitée dans l'état de l'art à l'aide de méthodes insuffisantes.

Nous listons maintenant les principales difficultés d'une telle désoccultation et les illustrons à l'aide de l'image *Art* [1] (Figure 2) qui contient, en plus du fond, de nombreux objets de profondeur différentes :

1. Ainsi qu'illustré à la figure 2 (image de droite), certains trous (comme celui pointé par la flèche rouge) devant être rempli avec des valeurs de profondeur liées à l'arrière-plan ne sont entourés que par des objets de l'avant-plan. Restaurer ce type de trou à l'aide d'une approche basée sur une diffusion [6] ou avec une méthode scanline comme celles proposées dans [8] ou [12] conduit à son remplissage avec des valeurs de profondeur liées à l'avant-plan. À notre connaissance, seules les méthodes proposées dans

1. Nous gardons volontairement les noms des images en anglais.

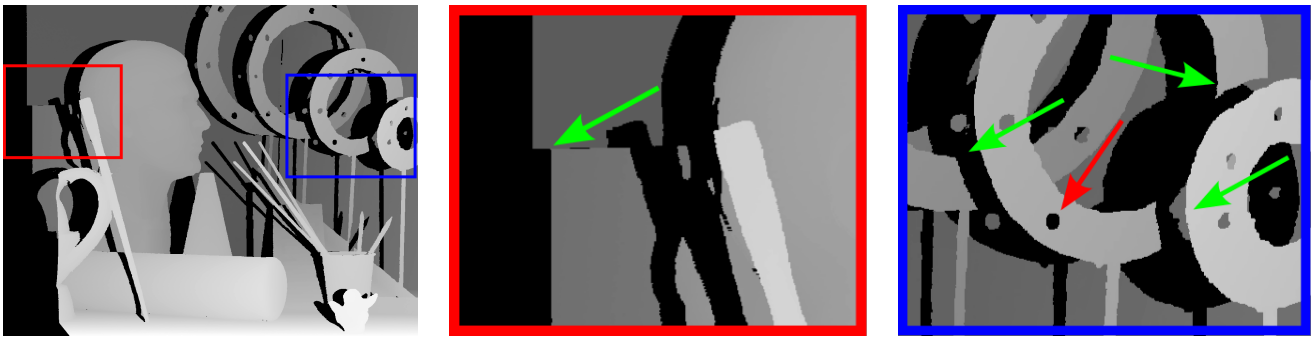

FIGURE 2 – Illustration des principales difficultés rencontrées lors de la désoccultation de cartes de profondeur sur l'image *Art*. *Gauche* : Carte de profondeur synthétisée J_s. *Milieu* et *droite* : extraits de la carte de profondeur synthétisée. Les flèches pointent vers les principales difficultés liées à la désoccultation des cartes de profondeur (voir texte).

[13] et [2] qui utilisent la carte de profondeur originale J_o sont capables de reconstruire correctement ce type de trou.

2. Lorsque la scène contient de multiples objets ayant des profondeurs différentes, ceux-ci peuvent se chevaucher. La structure d'un objet partiellement caché par un autre peut alors être manquante dans la vue synthétisée (voir les anneaux de la figure 2, image de droite, flèches vertes). Notons de plus que ces structures ne sont pas nécessairement horizontales. À notre connaissance, aucune méthode de l'état de l'art ne traite spécifiquement ce phénomène.

3. Le même phénomène de structures manquantes peut également être observé lorsqu'un objet de l'avant-plan *touche* le bord de l'image dans la vue originale. Ces structures, pas nécessairement horizontales, doivent également être propagées. (Figure 2, image du milieu).

4. Mis à part les trous à inpainter, il est toujours sous-entendu dans l'état de l'art que les valeurs connues dans la carte de profondeur synthétisée sont *les bonnes*, et donc qu'elles ne doivent pas être modifiées. Dans le cas d'une carte de profondeur contenant plusieurs objets ayant des profondeurs différentes, il se peut que certaines valeurs prises comme acquises soient fausses, et doivent être écrasées. La figure 2 (image de droite) illustre ces cas (pointés par les flèches les plus à droite) : la structure de l'anneau doit être propagée, et cela implique d'écraser certaines valeurs de l'arrière-plan.

En plus de ces difficultés, l'arrière-plan n'est pas nécéssairement composé de plans parallèles au plan de la caméra. Les restaurer à l'aide d'algorithmes scanline dont les lignes sont de profondeur constante [8, 12, 13] résulte en des incohérences dans la carte de profondeur restaurée.

3.2 Méthode proposée

Préliminaires. La méthode que nous proposons repose sur une diffusion (comme celle utilisée dans [6]) avec cependant de nombreuses modifications afin de répondre aux difficultés énoncées plus haut. Premièrement, il est nécessaire de souligner que les trous qui apparaissent dans la carte de profondeur synthétisée J_s sont dûs à des discontinuités (entre arrière-plan et objets de lavant-plan, ou entre objets entre eux) dans la carte de profondeur originale J_o. Heureusement, ces discontinuités peuvent être facilement détectées à l'aide d'opérations morphologiques. Dans la suite, nous appelons la *bande étroite extérieure* NB_o^+ de la carte de profondeur originale J_o, l'image binaire définie comme le gradient morphologique externe seuillée par λ :

$$NB_o^+ \;=\; \mathcal{T}(\delta(J_o) - J_o, \lambda)) \tag{1}$$

où $\delta(\cdot)$ et $\mathcal{T}(\cdot, \lambda)$ sont respectivement les opérateurs de dilatation et de λ-seuillage.
Cette bande étroite définit pour chaque pixel son appartenance à l'arrière-plan proche. Ici nous entendons par *arrière-plan proche* le fait qu'il existe pour un pixel p un objet de profondeur inférieure dans son voisinage.
Transformer cette bande étroite par *warping* permet l'obtention d'une bande étroite extérieure NB_s^+ pour la carte de profondeur synthétisée J_s :

$$NB_s^+ \;=\; \mathcal{W}(NB_o^+) \tag{2}$$

Cette bande étroite définit les pixels sources naturels utilisés pour la diffusion isotrope. La figure 3 montre (en vert) ces bandes étroites à la fois sur la carte de profondeur originale J_o (image de gauche), et sur la carte de profondeur synthétisée (image du milieu). Le principal problème de la diffusion se pose lorsque plusieurs objets de différentes profondeur se chevauchent. La figure 3 (image de droite) montre le résultat obtenu à l'aide d'une méthode de reconstruction basée sur une telle diffusion [6] en prenant NB_s^+ comme source. D'importantes incohérences peuvent être observées, tout particulièrement aux endroits où la structure des anneaux est manquante. De plus, lorsque plusieurs

FIGURE 3 – Gauche : Superposition de la bande étroite NB_o^+ sur la carte de profondeur originale J_o. Milieu : Superposition de la bande étroite NB_s^+ sur la carte de profondeur synthétisée J_s. Reconstruction avec [6] en utilisant la bande étroite extérieure NB_s^+ (image du mileu) comme source pour la diffusion.

objets à différentes profondeurs sont impliqués, un trou donné doit être rempli à la fois avec des valeurs de profondeur de l'arrière-plan et de l'avant-plan. Dans ce cas, les méthodes basées sur une diffusion [6] produisent des transitions douces entre l'avant-plan et l'arrière-plan (Figure 3, image de droite), et les différences marquées de profondeur entre l'arrière-plan et l'avant-plan sont perdues. Finalement, et comme souligné à la section 3.1 (premier point), de nombreux trous ne sont pas rempli étant donné que leurs bords ne contiennent pas de pixels de la bande étroite extérieure NB_s^+.

Détails de la méthode proposée. Fort des constats exposés plus haut et des limitations des approches existantes, nous proposons une approche simple et intuitive qui résout les principales difficultés de la restauration de cartes de profondeur. Notre approche est composée de 3 étapes principales : 1) Détection des points où la structure d'un objet est potentiellement perdue, et propagation de ces structures, 2) diffusion des profondeurs en partant de régions bien définies pour restaurer les profondeurs manquantes (avec un possible écrasement de données du l'arrière-plan), et 3) restauration des trous restants (essentiellement ceux mis en valeur à la section 3.1, premier point) à l'aide de la carte de profondeur originale.

1) Propagation des structures : Une structure est potentiellement manquante lorsque différents objets à des profondeurs différentes se chevauchent. Afin de propager ces structures, il est tout d'abord nécessaire de détecter ces points de rupture. La détection des points se trouvant à la jonction entre 3 objets de différentes profondeur, les $t-jonctions$ $tj(o)_{i,i\in\{1,\dots,n\}}$, peut facilement être effectuée à l'aide d'opérateurs morphologiques. Étant donné que ces $t-jonctions$ appartiennent à la fois au bord extérieur d'un objet et au bord intérieur d'un autre objet, ils sont détectés dans l'image originale par :

$$\{tj(o)_{i,i\in\{1,\dots,n\}}\} = \{p \in J_o \mid p \in (NB_o^- \cap NB_o^+)\} \quad (3)$$

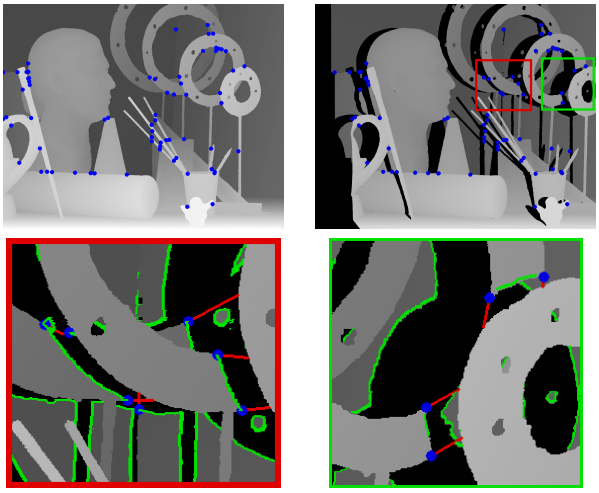

FIGURE 4 – Haut : *t-jonctions* (points blues) sur les cartes de profondeur originale (image de gauche) et synthétisée (image de droite). Bas : zoom sur la carte de profondeur synthétisée avec les *t-jonctions* (points bleus), la bande étroite extérieure (en vert), et les structures étendues (en rouge).

où NB_o^+ est la bande étroite *extérieure* (Eq. 1) et NB_o^- est la bande étroite *intérieure* :

$$NB_o^- = \mathcal{T}(J_o - \epsilon(J_o), \lambda) \quad (4)$$

où $\epsilon(\cdot)$ est l'opérateur d'érosion morphologique. À noter que $J_o - \epsilon(J_o)$ et $\delta(J_o) - J_o$ sont respectivement les gradients morphologiques *interne* et *externe* de J_o [10].
Une fois que ces $t-jonctions$ sont détectés dans J_o, les $t-jonctions$ correspondants dans la carte de profondeur synthétisée J_s sont identifiés via la fonction de warping $\mathcal{W}$. La figure 4 (première ligne) affiche les $t-jonctions$ (points bleus) sur les cartes de profondeur originale et synthétisée.

Les structures des objets partiellement cachés peuvent maintenant être reconstruites en partant de ces *t-jonctions*.

Dans ces travaux, nous proposons d'étendre ces structures à l'aide de simples lignes droites. La direction de ces lignes est trouvée en s'intéressant (dans J_o) au contour entre l'objet dont la structure est perdue et le fond. À noter que ces contours contiennent les *t-jonctions*. Dans ces travaux, nous nous contentons de calculer la direction moyenne de ce contour pour définir la direction du contour à étendre dans J_s. À noter qu'une extension plus fine des contours prenant en compte la courbure à l'aide de spirales d'Euler [5] est à l'étude.
Partant des *t-jonctions*, le contour est propagé jusqu'à ce qu'une de ces conditions est atteinte :

- la ligne atteint un objet ayant une profondeur plus élevé,
- deux lignes de propagation de structures ayant la même profondeur ($\pm\lambda$) se croisent,
- la ligne atteint le bord de l'image.

À noter que ces lignes peuvent écraser des valeurs de profondeur connues dont la profondeur est moindre (pixels de l'arrière-plan). La figure 4 deuxième ligne montre quelques-unes de ces lignes étendues (en rouge). En particulier, certains pixels de l'arrière-plan sont écrasés dans cet exemple (deuxième ligne, image de droite).

2) Diffusion de la profondeur : Au delà de la netteté des contours qui est bien récupérée grâce à la propagation des contours, un autre avantage important de la propagation de structures est le suivant : un trou qui doit être rempli à la fois par des valeurs de profondeur de l'arrière-plan et de l'avant-plan est maintenant partitionné (selon les lignes étendues) en régions homogènes. Un trou de ce type est affiché à la figure 4 (image de bas/droite) : la partie du trou qui se trouve entre les deux lignes étendues peut être rempli à l'aide de profondeurs issues de l'anneau, tandis que le reste peut être rempli à l'aide de profondeurs issues du fond.
La restauration en tant que telle peut maintenant être effectuée sans risque à l'aide d'un schéma de diffusion avec les lignes étendues agissant comme des barrières. Partant des pixels de NB_s^+, les fronts régissant la diffusion sont stoppés si l'une de ces conditions est atteinte :

- la profondeur de la diffusion est inférieure à une profondeur existante : le front atteint un objet de l'avant-plan,
- le front atteint une ligne étendue.

À noter que la diffusion peut, le cas échéant, écraser des profondeurs connues qui seraient inférieurs à la profondeur du front ($\pm\lambda$).
La figure 5 (image du milieu) montre le résultat de l'étape de diffusion sur la carte de profondeur synthétisée (image de gauche). Grâce aux lignes étendues, les structures des anneaux sont nettes, et le résultat respecte la géométrie des objets.

3) Restauration des occultations restantes : Suite aux deux premières étapes de notre algorithme, certains trous n'ont pas encore été restauré. Ces trous n'étant pas entouré par des pixels appartenant à la bande étroite NB_s^+, aucun front n'a permi de les restaurer lors de l'étape de diffusion (étape 2). Étant donné qu'ils ne sont entouré que de valeurs de profondeur liées à l'avant-plan, il est nécessaire de retrouver les bonnes valeurs de profondeur liées à l'arrière-plan pour la désocculation de ces trous. Comme suggéré dans [13, 2], une solution est d'utiliser la carte de profondeur originale J_o.
Cette troisième étape consiste, pour un pixel p à restaurer, en 3 sous-étapes (illustrées à la figure 6) :

1. Récupération du pixel connu le plus proche $q_s \in J_s$, ainsi que du vecteur d'offset attenant $\Delta = p - q_s$,
2. récupération du pixel q_o dans la carte de profondeur originale correspondant à q_s. Cette étape est réalisée à l'aide de la fonction de warping inverse : $q_o = \mathcal{W}^{-1}(q_s)$,
3. récupération de la *bonne* profondeur en prenant l'inverse du vecteur d'offset $-\Delta$ à partir de q_o.

Étant donné que les trous restants sont généralement de taille restreinte, la région pointé par l'offset $-\Delta$ à partir de $q_o \in J_o$ peut être modélisée par un plan. Ce plan est ensuite *étendu* pour la restauration effective de la profondeur en p. le *disque* gris foncé (figure 6, gauche) est un exemple d'une région modélisée par un plan permettant la restauration des pixels restants de J_s.

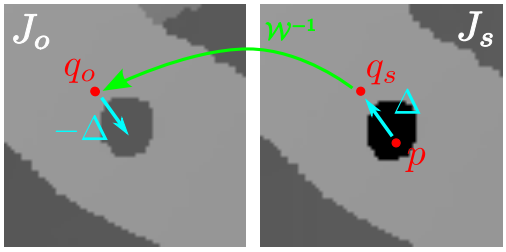

FIGURE 6 – Illustration de la restauration des trous restants. Image de gauche : carte de profondeur originale J_o. Image de droite : carte de profondeur synthétisée J_s. En passant par la carte de profondeur originale via la fonction de warping inverse appliquée à des pixels connus, on peut retrouver les *bonnes* valeurs de l'arrière-plan pour la restauration du trou. Voir texte pour plus de détails.

4 Résultats et comparaisons

Dans cette section, nous comparons les résultats de désocculation de carte de profondeur avec les principales méthodes de l'état de l'art [6, 8, 13, 3]. La figure 7 montre les résultats pour les images *Adirondack*, *Art*, et *Backpack* issues de la base de données Middlebury [9]. Cette base de données comporte de nombreuses paires d'images stéréoscopiques avec leur cartes de disparité respectives.
À noter que les tailles des images *Adirondack*, *Art*, et *Backpack* présentées à la figure 7 sont respectivement $2880 \times$

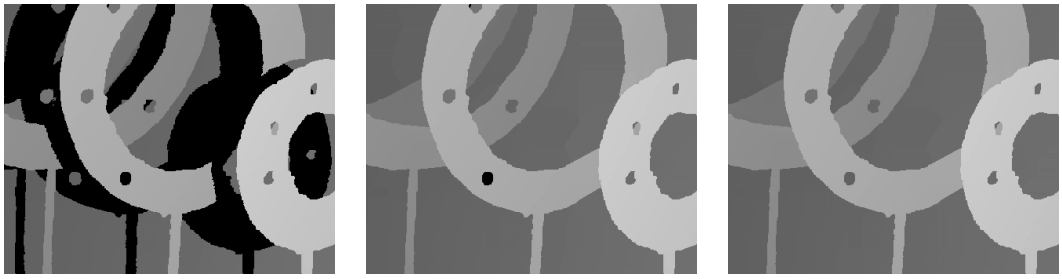

FIGURE 5 – Restauration des anneaux. Image de gauche : carte de profondeur synthétisée avec les trous en noir. Image du milieu : résultat après la propagation des structures et la diffusion des profondeurs. Image de droite : Résultat final.

1988, 1390×1110, et 2940×2016. Les occultations à restaurer pour ces images sont de taille 464K, 347K, et 634K pixels pour ces trois images, même si notre algorithme restaure plus de pixels, étant donné que certains pixels connus de l'arrière-plan sont écrasés.

La figure 7 montre que notre approche donne de meilleurs résultats visuels que les méthodes de l'état de l'art. Les structures linéaires sont bien reconstruites, et contrairement à la plupart des méthodes de l'état de l'art, aucune incohérence importante ne peut être observée dans nos résultats. Ce résultat n'est finalement pas étonnant étant donné que, comme souligné à la section 3.1, aucune méthode proposée dans l'état de l'art (y compris nos précédents travaux [3]) ne traite spécifiquement des structures manquantes, et ne restaure les pixels manquants sans tenir compte de la structure des objets.

À noter que l'ensemble de la méthode ne requiert qu'une poignée de secondes pour restaurer une carte de profondeur en entier à l'aide d'un seul processus/thread (aucun élément de la méthode proposée n'est très coûteux). La taille de cette poignée dépend bien évidemment de la taille des images et du nombre de pixels à restaurer. Étant donné que certaines parties de l'algorithme peuvent être parallélisées (calcul des directions des structures à étendre, restauration des trous restants), le passage à la vidéo est tout-à-fait envisageable (et envisagé).

5 Conclusion

Dans cet article nous avons proposé une nouvelle méthode pour la désoccultation des cartes de profondeur lors de la création d'une vue virtuelle d'images RGB-D. Fondée sur une analyse préliminaire détaillée de cette problématique spécifique, notre approche permet de répondre aux défis (trop souvent sous-estimés) liés à cette modalité. Notre approche permet en particulier de restaurer les contours des objets, étape essentielle pour la cohérence visuelle de la scène virtuelle. Les comparaisons aux méthodes de l'état de l'art abondent en ce sens, et ce même pour des images difficiles impliquant de nombreux objets à des profondeurs différentes. Les futurs travaux envisagés concernent l'extension de cette méthode à des processus de warping plus généraux, la prise en compte de la courbure des structures à étendre, ainsi que l'adaptation de notre approche aux vidéos.

Références

[1] Marcelo Bertalmio, Andrea L Bertozzi, and Guillermo Sapiro. Navier-stokes, fluid dynamics, and image and video inpainting. In *Computer Vision and Pattern Recognition, 2001. CVPR 2001. Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on*, volume 1, pages I–355. IEEE, 2001.

[2] Pierre Buyssens, Maxime Daisy, David Tschumperlé, and Olivier Lézoray. Depth-aware patch-based image disocclusion for virtual view synthesis. In *SIGGRAPH Asia 2015 Technical Briefs*, page 2. ACM, 2015.

[3] Pierre Buyssens, Maxime Daisy, David Tschumperlé, and Olivier Lézoray. Superpixel-based depth map inpainting for RGB-D view synthesis. In *International Conference on Image Processing*, Québec City, Canada, September 2015.

[4] Pierre Buyssens, Isabelle Gardin, Su Ruan, and Abderrahim Elmoataz. Eikonal-based region growing for efficient clustering. *Image and Vision Computing*, 32(12) :1045–1054, 2014.

[5] Frédéric Cao, Yann Gousseau, Simon Masnou, and Patrick Pérez. Geometrically guided exemplar-based inpainting. *SIAM Journal on Imaging Sciences*, 4(4) :1143–1179, 2011.

[6] Ismaël Daribo and Béatrice Pesquet-Popescu. Depth-aided image inpainting for novel view synthesis. In *IEEE International Workshop on Multimedia Signal Processing*, pages 167–170. IEEE, 2010.

[7] Christoph Fehn. Depth-image-based rendering (dibr), compression, and transmission for a new approach on 3d-tv. In *Electronic Imaging 2004*, pages 93–104. International Society for Optics and Photonics, 2004.

[8] Patrick Ndjiki-Nya, Martin Koppel, Dimitar Doshkov, Haricharan Lakshman, Philipp Merkle, K Muller, and Thomas Wiegand. Depth image-based rendering with advanced texture synthesis for 3-d video. *Multimedia, IEEE Transactions on*, 13(3) :453–465, 2011.

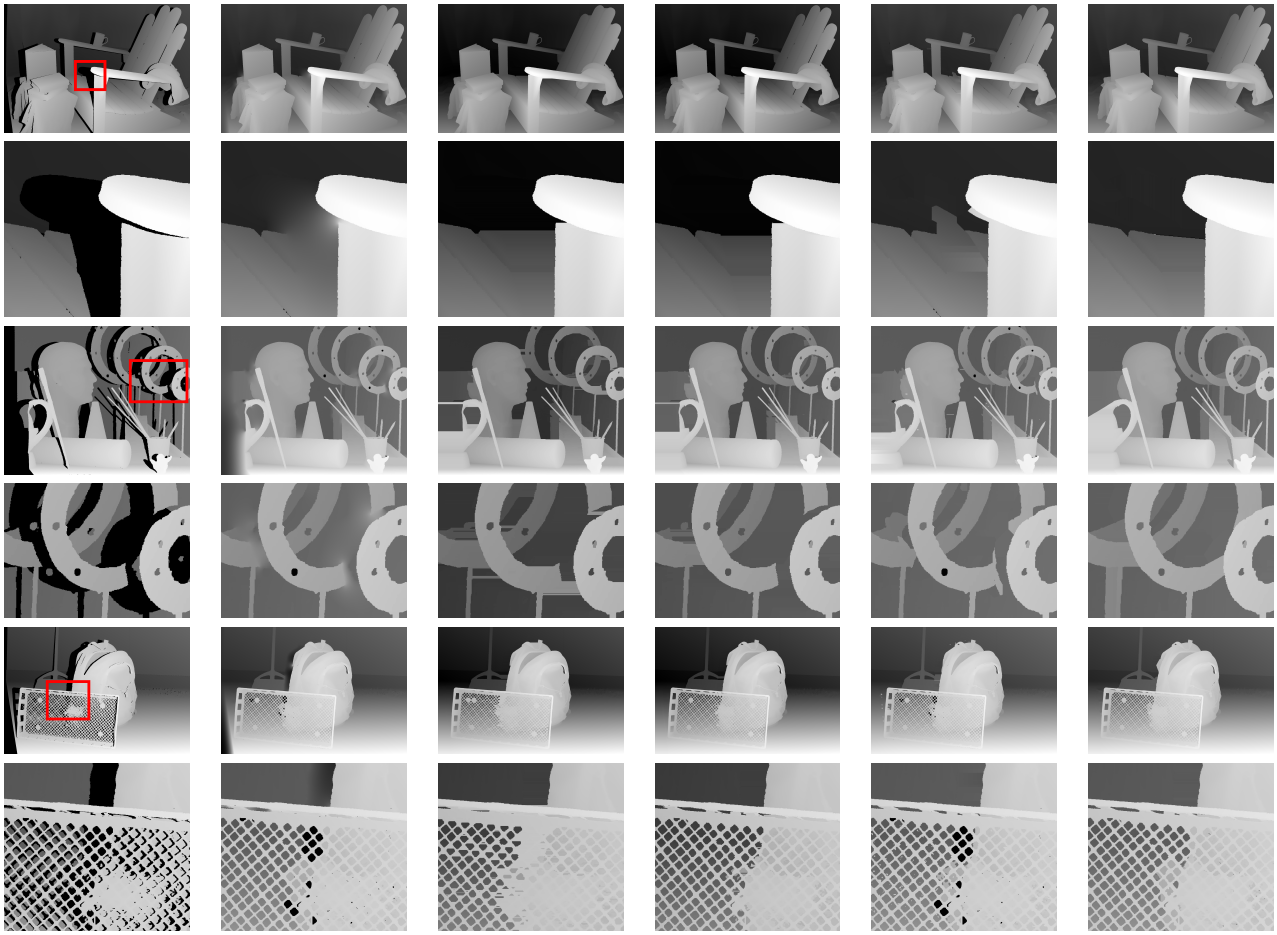

FIGURE 7 – Résultats de désoccultation de cartes de profondeur sur les images suivantes : *Adirondack* (lignes 1 et 2), *Art* (lignes 3 et 4), et *Backpack* (lignes 5 et 6). De gauche à droite : carte de profondeur synthétisée avec les trous en noir, puis reconstructions avec les méthodes [6], [8], [13], [3], et la méthode proposée. Les paramètres de chaque méthode ont été réglés manuellement pour obtenir les meilleurs résultats visuels.

[9] Daniel Scharstein, Heiko Hirschmüller, York Kitajima, Greg Krathwohl, Nera Nešić, Xi Wang, and Porter Westling. High-resolution stereo datasets with subpixel-accurate ground truth. In *Pattern Recognition*, pages 31–42. Springer, 2014.

[10] Pierre Soille. *Morphological image analysis : principles and applications*. Springer Science & Business Media, 2013.

[11] Dong Tian, Po-Lin Lai, Patrick Lopez, and Cristina Gomila. View synthesis techniques for 3d video. In *SPIE Optical Engineering+ Applications*, pages 74430T–74430T. International Society for Optics and Photonics, 2009.

[12] Xuyuan Xu, Lai-Man Po, Chun-Ho Cheung, Litong Feng, Ka-Ho Ng, and Kwok-Wai Cheung. Depth-aided exemplar-based hole filling for dibr view synthesis. In *Circuits and Systems (ISCAS), 2013 IEEE International Symposium on*, pages 2840–2843. IEEE, 2013.

[13] Soo Sung Yoon, Hosik Sohn, and Yong Man Ro. Inter–view consistent hole filling in view extrapolation for multi–view image generation. In *ICIP*, pages 2883–2887. 2014.