

# Saillance visuelle globale : fusion des saillances géométrique et colorimétrique et applications pour les maillages 3D colorés

Anass NOURI<sup>1</sup>, Christophe CHARRIER<sup>2</sup>, Olivier LÉZORAY<sup>2</sup>

<sup>1</sup>L@bISEN, AIDE Lab, Yncrea ouest, 20 rue du Cuirassé de Bretagne, 29200 Brest, France

<sup>2</sup>UNICAEN, ENSICAEN, CNRS, GREYC, Normandie Univ, Caen, France  
anass-nouri@hotmail.com, christophe.charrier@unicaen.fr  
olivier.lezoray@unicaen.fr

**Résumé** – Plusieurs applications de l’informatique graphique telles que la compression adaptative, la sélection automatique de points de vues optimaux, la segmentation, etc. utilisent la saillance visuelle pour guider leurs traitements. Cependant, toutes ces applications reposent sur une estimation partielle de la saillance dans la mesure où seules les propriétés géométriques du maillage cible sont considérées laissant de côté les propriétés colorimétriques. En tant qu’êtres humains, notre attention visuelle est sensible aux informations géométriques et colorimétriques à la fois. En effet, l’information colorimétrique influence les mouvements de l’oeil lorsque nous visualisons un contenu multimédia. Nous proposons dans ce papier une approche novatrice pour la détection de la saillance visuelle globale qui tient compte des propriétés géométriques et colorimétriques du maillage considéré simulant ainsi le Système Visuel Humain (SVH). Pour cela, l’approche génère deux cartes de saillance multi-échelles basées sur des descripteurs géométriques et colorimétriques sous forme de patches. Ces cartes de saillance sont fusionnées en utilisant la théorie de l’Évidence. Nous présentons les résultats et bénéfices de l’approche proposée dans un processus de sélection automatique de points de vues optimaux.

**Abstract** – Many computer graphics applications such as adaptive compression, automatic viewpoint selection, segmentation, etc. use visual saliency to guide their processing. However, all these applications are based on a partial estimation of visual saliency since only the geometric properties of the target mesh are considered leaving aside the colorimetric ones. As human beings, our visual attention is sensitive to both geometric and colorimetric informations. Indeed, colorimetric information influences the movements of the eye when we visualize multimedia content. In this paper, we propose an innovative approach for the detection of global visual saliency that takes into account the geometric and colorimetric properties of the considered mesh, thus simulating the Human Visual System (SVH). To do this, the approach generates two multi-scale saliency maps based on geometric and colorimetric descriptors in the form of patches. These saliency maps are merged using the theory of Evidence. We present the results and benefits of the proposed approach in a process of optimal viewpoint selection.

## 1 Introduction

L’attention visuelle représente une caractéristique majeure du SVH. Elle permet de sélectionner les informations significatives dans une scène ou sur un objet. Lorsque nous regardons un objet, notre attention visuelle est focalisée sur des régions particulièrement attirantes plutôt que sur des zones non intéressantes. Ces régions attirantes sont placées dans le centre de notre regard après plusieurs mouvements des yeux et constituent une partie restreinte du champs visuel qui est traitée en détail par le SVH contrairement au reste. Plusieurs mécanismes attentionnels complexes sont impliqués pour sélectionner ces régions particulières. Nous nous intéressons dans ce papier à la partie de l’attention liée à la saillance visuelle d’une région. La saillance visuelle peut être définie par l’information perceptuelle permettant à certaines régions (ou noeuds d’un maillage 3D) de ressortir de leur voisinage et par conséquent d’attirer le regard d’un observateur humain. Par conséquent, le degré de saillance d’une région dépend de sa distinction par rapport à son voisinage. Cette distinction est associée à la géométrie et

aux couleurs du maillage 3D représentant des caractéristiques perceptuelles liées uniquement au stimuli visuel et non à l’observateur, à son vécu ou à une tâche imposée à lui. De ce fait, la carte de saillance globale proposée dans ce papier est davantage liée au processus attentionnel ascendant (*Bottom-up*) qu’au processus descendant (*Top-down*).

Beaucoup d’applications de l’informatique graphique telles que la sélection de points de vues optimaux [1] [2], la simplification adaptative [3], la reconnaissance de visage[4] utilisent l’information de la saillance visuelle pour optimiser leurs traitements ou résultats. Celles-ci reposent sur une estimation partielle de la saillance dans la mesure où seules les caractéristiques géométriques du maillage 3D considéré sont prises en compte laissant de côté les caractéristiques colorimétriques. Or, comme confirmé dans [5], l’information colorimétrique joue un rôle majeur dans les mouvements oculaires lors de la visualisation d’un contenu multimédia. Ceci explique que le degré de saillance d’une région ne dépend pas uniquement de sa géométrie mais aussi de ses couleurs. Les principales contributions de ce papier peuvent être résumées comme suit : 1) Introduction

d'un concept novateur appelé Saillance Visuelle Globale d'un maillage 3D coloré. 2) Utilisation de la théorie de Dempster Fisher pour fusionner la carte de saillance géométrique et colorimétrique permettant d'obtenir une carte de saillance globale. 3) La description d'une première base de maillages colorés construite pour tester l'approche proposée et ses applications.

A notre connaissance, le concept de la saillance globale d'un maillage 3D coloré n'a jamais été proposé auparavant. Nous définissons la carte de saillance globale d'un maillage 3D coloré par la fusion de ses cartes de saillance géométrique et colorimétrique. Cette carte globale, plus précise en comparaison avec une carte purement géométrique ou colorimétrique à cause de la sensibilité du SVH aux propriétés géométriques et colorimétriques, associe un scalaire reflétant l'importance perceptuelle de chaque noeud du maillage. Le papier est organisé comme suit. La section 2 présente l'approche proposée. Dans la section 3 nous présentons et analysons la saillance globale de deux maillages 3D colorés. Dans la section 4, nous analysons l'apport de la carte de saillance globale dans un processus de sélection automatique de points de vues optimaux et nous concluons dans la section 5.

## 2 Saillance globale des maillages 3D colorés

Devant un objet 3D, notre attention visuelle est focalisée sur certaines régions présentant un degré de saillance important. Afin de détecter ces régions, nous calculons une carte de saillance globale obtenue à partir de la fusion de la carte géométrique [2] et colorimétrique [6] proposées dans nos travaux antérieurs [7]. Ces deux cartes sont basées sur des caractéristiques bas niveau du SVH telles que la sensibilité au contraste et la sensibilité aux fortes discontinuités [8]. Nous présentons dans cette section les principales étapes de ces deux approches ainsi que le processus de la fusion permettant d'obtenir la carte de saillance globale finale.

### 2.1 Fusion

Ayant les deux cartes de saillance géométrique et colorimétrique d'un maillage 3D coloré, l'objectif est de les fusionner afin d'obtenir une carte de saillance globale. Pour cela nous utilisons une partie de la théorie de Dempster-Shafer (DST) [9] pour combiner les deux cartes de saillance considérées comme sources indépendantes. La théorie de Dempster-Shafer est basée sur la théorie des probabilités qui considère deux bornes (une supérieure et une autre inférieure). Dans le modèle DST, un framework de discernement représentant toutes les hypothèses possibles d'un problème est noté par  $\Omega$ . Tous les sous-ensembles de  $\Omega$  sont compris dans un ensemble de puissance noté  $2^\Omega$ . Une fonction de masse  $m$  est définie et représente la confiance allouée aux différents états du système. Cette fonction est définie en  $2^\Omega$  dans  $[0, 1]$  :  $\sum_{A \subseteq \Omega} m(A) = 1$  et  $m(\emptyset) =$

0 où  $m(A)$  représente une confiance allouée à  $A$ . Les sous-ensembles ayant  $m(A) \neq 0$  sont appelés éléments focaux.

Ayant  $M$  fonctions de masse  $m_1, m_2, \dots, m_M$  représentant les informations fournies par  $M$  indépendantes sources, celles-ci sont combinées selon la règle Dempster-Shafer comme suit :

$$(m_1 \oplus \dots \oplus m_M)(A) = \frac{1}{1 - K} \sum_{A \cap \dots \cap A_M = A} \prod_{i=1}^M m_i(A_i) \quad (1)$$

où  $A_i \in 2^\Omega$ ,  $1 \leq i \leq M$  et  $K$  représente le facteur de conflit défini par :  $K = \sum_{A \cap \dots \cap A_M = \emptyset} \prod_{i=1}^M m_i(A_i)$

$K$  est aussi appelé coefficient de contradiction entre les sources. Plus importante est la valeur de  $K$ , plus incohérente est la combinaison de celle-ci.

Une des caractéristiques intéressantes de la DST est que la contribution de chaque sous ensemble est considérée comme une hypothèse indépendante. Ceci simule le raisonnement logique des êtres humains. Egalement, la fusion basée sur la DST est caractérisée par sa flexibilité et son aspect non-supervisé.

#### 2.1.1 Formulation du problème

Dans notre cas, le framework de discernement  $\Theta$  est représenté par l'ensemble des nœuds  $\mathcal{V}$  du maillage. Nous définissons un sous-ensemble de toutes les hypothèses en tant qu'un élément de fusion. Ainsi, chaque nœud du maillage est un élément de fusion. Nous notons  $\epsilon$  l'ensemble de tous les éléments de fusion où  $\epsilon = \{v_1, \dots, v_N\}$  et  $N$  est l'ensemble des nœuds du maillage. Les deux cartes de saillance géométrique et colorimétrique associent un scalaire représentant le degré de saillance pour chaque nœud. Ce degré peut être considéré comme une probabilité de saillance. Par conséquent, nous considérons les deux cartes de saillance  $S_i$  (géométrique et colorimétrique) comme deux sources indépendantes dans notre modèle de DST et les utilisons pour définir la fonction de masse  $m_i$  :  $m_i(e) = S_i(e)$ ,  $e \in \epsilon$  où  $e$  représente un élément de fusion et  $1 \leq i \leq 2$ .

Finalement une valeur de probabilité représentant le degré de saillance globale d'un élément de fusion est obtenu par l'équation 1.

## 3 Résultats expérimentaux

### 3.1 Base de maillages 3D colorés : *Greyc 3D Colored mesh Database*

En raison de l'absence d'une base de maillages 3D colorés dans la littérature, nous avons construit une nouvelle base en utilisant le scanner laser couleur *NextEngine*. Ce dernier est fourni avec une plaque tournante permettant d'acquérir les propriétés géométriques et colorimétriques d'un objet. 15 objets de différentes couleurs et géométries ont été acquis pour créer un corpus de référence. De plus, nous avons enrichi la base en appliquant différentes distorsions aux maillages de référence. Les maillages dégradés obtenus sont utiles pour évaluer la robustesse et la stabilité d'une approche de détection

de la saillance. Tous les maillages 3D présentés dans ce papier font partie de la base *GREYC 3D Colored Mesh Database*. Plus de détails sur les objets scannés, le processus d’acquisition et les distorsions utilisées figurent dans [10]. La base peut être téléchargée ici <sup>1</sup>.

### 3.2 Résultats de la saillance globale

La figure 1 présente une comparaison entre la carte de saillance géométrique, la carte de saillance colorimétrique et la carte de saillance globale de deux maillages 3D colorés appartenant à la base [10]. Nous pouvons facilement remarquer qu’une différence notable existe entre les trois cartes de saillance. Pour le maillage 3D dinosaure, la carte de saillance colorimétrique met en avant des détails non détectés par la carte de saillance géométrique et vice-versa (par exemple les couleurs dégradées au niveau du dos du dinosaure ou sur son front). Par ailleurs, la carte de saillance globale combine les caractéristiques géométriques et colorimétriques pour une meilleure détection des régions saillantes. Ceci est bien visible au niveau du front du dinosaure qui est jugé moyennement saillant sur la carte géométrique et saillant sur la carte colorimétrique. Cependant, sur la carte de saillance globale, le front est considéré comme une zone très saillante à cause de la combinaison des deux saillances. Les mêmes remarques sont valables pour les zones au dessus des yeux, le long cou et les pattes du dinosaure.

Le maillage 3D représentant un cheval contient plusieurs couleurs et beaucoup de contraste. Par conséquent la carte de saillance colorimétrique détecte la majorité des régions saillantes. La carte de saillance globale en revanche est plus complète de part la prise en compte des régions saillantes de la carte géométrique. Ceci est visible au niveau des genoux, du nez et de la bouche du cheval.

Nous ne fournissons aucune comparaison avec l’état de l’art à cause de l’inexistence d’une approche évaluation la saillance globale d’un maillage 3D coloré. Par ailleurs, il est évident qu’une comparaison objective entre les résultats obtenus par l’approche proposée et une vérité terrain construite à l’aide d’un eye tracker serait plus pertinente. Malheureusement aucune vérité terrain associée à la saillance colorimétrique ou globale n’existe.

Pour une meilleure précision de la carte de saillance colorimétrique, nous avons cherché à la calculer en considérant d’autres espaces couleurs tels que le  $L^*a^*b$ , YUV, YCbCr, HSV et XYZ. Nous avons remarqué que les résultats de la saillance globale associés à ces espaces couleurs diffèrent très peu de l’espace couleur initial RGB. Ainsi, pour des raisons de complexité algorithmique, nous avons considéré uniquement l’espace RGB dans nos calculs.

## 4 Application de la saillance globale

Pour compléter notre analyse de l’approche proposée et attester de sa pertinence, nous intégrons celle-ci dans une application de sélection de points de vues optimaux. L’objectif d’une

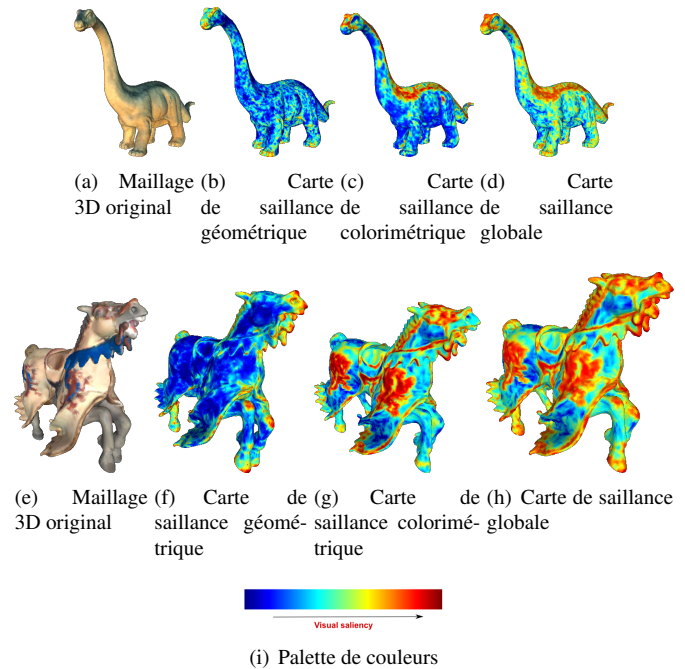


FIGURE 1 – Comparaison entre la carte de saillance globale, la carte de saillance géométrique et la carte de saillance colorimétrique.

telle application est de trouver la vue d’un objet 3D présentant le maximum d’informations à un observateur. Peu d’approches dans la littérature répondent à cette problématique [1] [11]. Cependant aucune de ces approches ne prend en compte la couleur dans leur processus. Dans ce papier, nous proposons une extension de notre approche de sélection de points de vues optimaux basée sur la saillance géométrique [2]. Le critère principal de cette nouvelle méthode est de distinguer le point de vue maximisant la saillance globale. La figure 2 présente une comparaison entre les points de vues optimaux basés sur la saillance géométrique et les points de vues optimaux guidés par la saillance globale. Nous pouvons remarquer que les points de vues optimaux sélectionnés en utilisant la carte de saillance globale présentent plus d’informations que les points de vues de référence. Les points de vues obtenus répondent bien au critère de maximisation de la saillance et correspondent à des points de vues familiers de ces objets. Cependant, les points de vues sélectionnés par l’intermédiaire de la carte de saillance géométrique exposent peu d’informations attirantes et ne semblent pas naturels pour les observateurs humains. Pour certains maillages 3D (ex. images (f) et (g) sur la figure 2), nous avons remarqué que le point de vue généré en utilisant la carte de saillance colorimétrique est similaire à celui généré par l’intermédiaire de la carte de saillance globale. Ceci n’est pas vérifié pour tous les maillages 3D (ex. images (m) et (n) sur la figure 2).

## 5 Conclusion

Nous avons proposé une approche novatrice pour l’estimation de la saillance globale d’un maillage 3D coloré qui prend

1. [www.downloads.greyc.fr/Greyc3DColoredMeshDatabase/](http://www.downloads.greyc.fr/Greyc3DColoredMeshDatabase/)

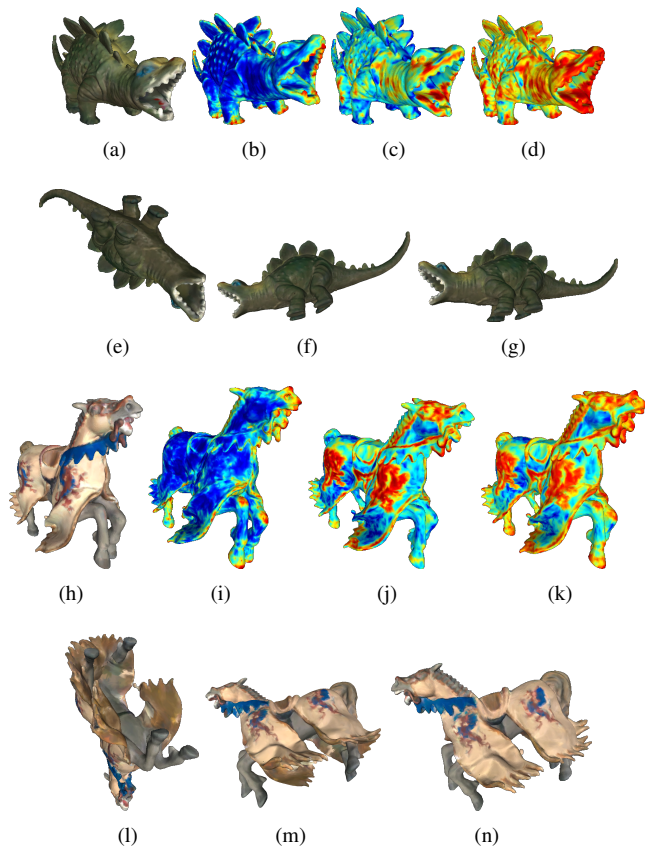


FIGURE 2 – Comparaison entre les points de vues optimaux basés sur la saillance géométrique et la saillance globale. Les images (a),(h) présentent les points de vue de référence. Les images (b),(i) présentent les cartes de saillance géométriques. Les images (c),(j) présentent les cartes de saillance colorimétriques. Les images (d),(k) présentent les cartes de saillance globales. Les images (e),(l) présentent les points de vues optimaux guidés par la saillance géométrique, les images (f),(m) présentent les points de vues guidés par la saillance colorimétrique, et les images (g),(n) présentent les points de vues guidés par la saillance globale.

en compte ses caractéristiques géométriques et colorimétriques. Pour cela, l'approche génère deux cartes de saillance, une géométrique et l'autre colorimétrique avant de les combiner. La carte globale générée détecte davantage de régions saillantes qu'une carte de saillance purement géométrique ou colorimétrique grâce à prise en compte conjointe des propriétés géométriques et colorimétriques du maillage. Nous avons évalué la précision et la contribution de l'approche proposée dans une application basé-saillance dont l'objectif est la sélection des points de vue optimaux. Nos prochains travaux auront pour objectif de construire et partager une vérité terrain de la saillance globale permettant une comparaison objective avec les résultats de notre approche.

## Références

- [1] A. Tal, E. Shtrom, and G. Leifman. Surface regions of interest for viewpoint selection. *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pages 414–421, 2012.
- [2] A. Nouri, C. Charrier, and O. Lézoray. Multi-scale mesh saliency with local adaptive patches for viewpoint selection. *Signal Processing : Image Communication*, 38 :151–166, 2015.
- [3] P. Shilane and T. Funkhouser. Distinctive regions of 3D surfaces. *ACM Transaction on Graphics*, 26(2), 2007.
- [4] L. Jinho, M. Baback, P. Hanspeter, and M. Raghu Machiraju. Finding optimal views for 3D face shape modeling. In *Proc. International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition*, pages 31–36, 2004.
- [5] Shahrbanoo Talebzadeh Shahrabaki. *Contribution de la couleur dans l'attention visuelle et un modèle de saillance visuelle*. PhD thesis, Université de Grenoble, 2015.
- [6] A. Nouri, C. Charrier, and O. Lézoray. Multi-scale saliency of 3d colored meshes. In *International Conference on Image Processing (IEEE)*, pages 2820–2824, 2015.
- [7] A. Nouri, C. Charrier, and O. Lézoray. Visual saliency and perceptual quality assessment of 3d meshes. In S. De, S. Bhattacharyya, and P. Dutta, editors, *Intelligent Multi-dimensional Data and Image Processing*, pages 38–115. IGI Global, 2018.
- [8] S. Coren, L. M. Ward, and J. T. Enns. *Sensation and perception*. Wiley, 2003.
- [9] A. P. Dempster. Upper and lower probabilities induced by a multivalued mapping. *Ann. Math. Statist.*, 38 :325–339, 1967.
- [10] A. Nouri, C. Charrier, and O. Lézoray. Grey3d colored mesh database. Technical report, Technical Report hal-01441721, 2017.
- [11] C. Lee, Amitabh Varshney, and David W. Jacobs. Mesh saliency. *ACM Trans. Graph.*, 24(3) :659–666, 2005.