

BLIND ROBUST 3D MESH WATERMARKING BASED ON MESH SALIENCY AND WAVELET TRANSFORM FOR COPYRIGHT PROTECTION

Mohamed HAMIDI¹, Aladine Chetouani², Mohamed EL
HAZITI³, Mohamed EL HASSOUNI⁴, Hocine CHERIFI¹

¹ LIB - EA 7534 - UFR Sciences et Techniques Université de Bourgogne

² Laboratoire PRISME, Polytech'Orleans, Université d'Orléans

³ EST-Université Mohammed V de Rabat

⁴ FLSH-Université Mohammed V de Rabat

Présenté par :

Mohamed HAMIDI

**A.T.E.R, UFR Sciences et Techniques,
Université de Bourgogne, Dijon**

- 1 Introduction générale
- 2 Tatouage numérique
- 3 Tatouage de maillages 3D
- 4 Tatouage robuste et aveugle de maillages 3D basé sur la transformation en ondelettes et la saillance pour la protection des droits d'auteur
- 5 Conclusion

1. Introduction générale

1.1. Contexte

- L'amélioration de la puissance des ordinateurs.
- L'augmentation de la vitesse de transmission des réseaux.



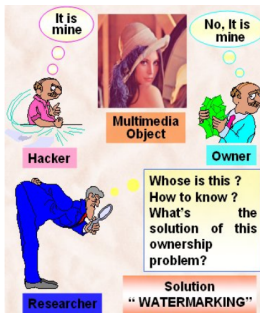
- Utilisation accrue des contenus multimédia (images, sons, vidéos, objets 3D).

1. Introduction générale

1.2. Problématique et solution

● **Problématique :**

- Copie, modification ou redistribution par une personne non autorisée.



● **Solution :**

Mettre en oeuvre une technique de sécurité :

- *Tatouage numérique "Digital Watermarking", cryptographie, biométrie, stéganographie.*
⇒ **Tatouage numérique.**

1 Introduction générale

2 **Tatouage numérique**

- Principe de tatouage numérique
- Schéma global du tatouage numérique
- Contraintes de tatouage
- Applications

3 Tatouage de maillages 3D

4 Tatouage robuste et aveugle de maillages 3D basé sur la transformation en ondelettes et la saillance pour la protection des droits d'auteur

5 Conclusion

2. Tatouage numérique

2.1. Principe de tatouage numérique

Définition

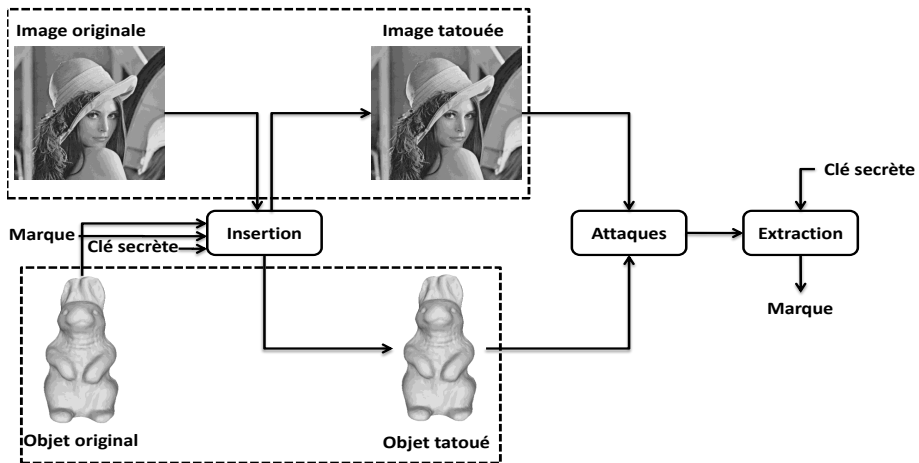
Processus d'insertion d'une information "*marque*" dans le contenu multimédia original (maillage 3D).

La marque doit être :

- Imperceptible.
- Difficile à modifier ou à supprimer.

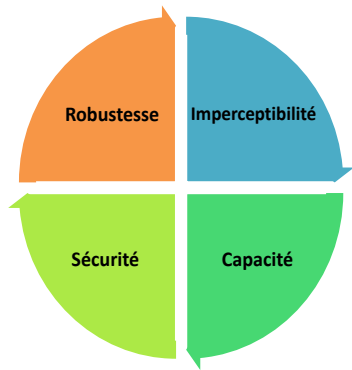
2. Tatouage numérique

2.2. Schéma global du tatouage numérique



2. Tatouage numérique

2.3. Contraintes de tatouage



2. Tatouage numérique

2.4. Applications

Protection des droits d'auteur "Copyright protection"

- Prouver le propriétaire du contenu multimédia en cas de conflit.
- Résistance aux manipulations \Rightarrow Tatouage robuste.

Authentification

- Vérification de l'authenticité du document et détection de la zone d'altération \Rightarrow Tatouage fragile.

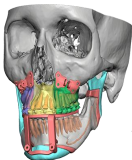
Contrôle de copie

- Empêcher la copie illégale du document.

3. Tatouage de maillages 3D

Grâce à l'amélioration de la puissance des ordinateurs, et à la disponibilité des réseaux à haut débit, les objets 3D sont très utilisés dans différents domaines :

- Industrie d'automobile et d'aéronautique.
- Médecine.
- Jeux vidéos.



3. Tatouage de maillages 3D

3.1. Modélisation géométriques d'objets 3D

Représentations des objets 3D :

- Nuages de point.
- Octrees.
- Voxels.
- Maillages.



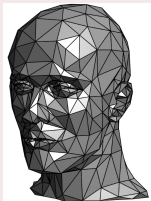
- Maillage 3D est la représentation standard :
 - Simplicité algébrique.
 - facilité de conversion vers les autres représentations.

3. Tatouage de maillages 3D

3.1. Modélisation géométriques d'objets 3D

Maillage 3D

Collection de polygones dont le but est de représenter un objet 3D réel.



Contient trois primitives :

- Les **sommets**.
- Les **facettes**.
- Les **arêtes**.
- La *géométrie* du maillage est constituée des sommets, tandis que les arêtes et les facettes représentent sa *connectivité*.

$$S = \{ v_i = (x_i, y_i, z_i) \in \mathbb{R}^3 \mid i \in \{1, 2, \dots, N_S\} \} \quad (1)$$

3. Tatouage de maillages 3D

3.2. Attaques sur les maillages 3D

Attaques géométriques

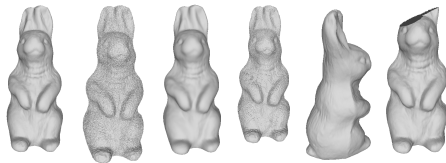
- Transformations de similarité (rotation, translation et mise en échelle).
- Traitement de signal : (bruit, quantification, lissage, etc.).

Attaques de connectivité

- Coupe, remaillage, simplification, et la subdivision.

Autres attaques

- Attaques de fichier, de format, et de représentation.



3. Tatouage de maillages 3D

3.3. Métriques d'évaluation de tatouage de maillages 3D

- Imperceptibilité :

Métriques objectives :

- Maximum Root Mean Square Error (MRMS) :

$$d_{MRMS} = \max(d_{RMS}(M, Mw), d_{RMS}(Mw, M)) \quad (2)$$

$$d_{RMS}(M, Mw) = \sqrt{\frac{1}{|M|} \int \int_{p \in M} d(p, Mw)^2 dM} \quad (3)$$

- Distance de Hausdorff (HD) :

$$d(p, S') = \min_{p' \in S'} \|p - p'\| \quad (4)$$

$$H_d(S, S') = \max(d(S, S'), d(S', S)) \quad (5)$$

$$d(S, S') = \max_{p \in S} d(p, S') \quad (6)$$

3. Tatouage de maillages 3D

3.3. Métriques d'évaluation de tatouage de maillages 3D

Métrique perceptuelle

- Mesh Structural Distortion Measure (MSDM) :

$$d_{MSDM}(M, M_w) = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_{LMSDM}(a_i, b_i)^3 \right)^{\frac{1}{3}} \in [0, 1]. \quad (7)$$

d_{LMSDM} est la distance MSDM locale entre deux fenêtres locales a and b (des maillages M et M_w , respectivement), qui est exprimée comme suit :

$$d_{LMSDM}(a, b) = (0.4 \times Curv(a, b)^3 + 0.4 \times Cont(a, b)^3 + 0.2 \times Surf(a, b)^3)^{\frac{1}{3}}. \quad (8)$$

$Curv$, $Cont$ et $Surf$ représentent, respectivement, les fonctions de courbure, contraste et de comparaison de structure.

- Robustesse :

Corrélation normalisée

$$Corr = \frac{\sum_{i=1}^M (w'_i - \bar{w}^*)(w_i - \bar{w})}{\sqrt{\sum_{i=1}^M (w'_i - \bar{w}^*)^2 \cdot \sum_{i=1}^M (w_i - \bar{w})^2}} \quad (9)$$

3. Tatouage de maillages 3D

3.4. Classification des techniques de tatouage de maillages 3D

Difficultés

Il existe peu de méthodes de tatouage de maillages 3D par rapport à la vidéo, le son et l'image :

- La forme irrégulière de maillage 3D.
- Complexité des attaques.
- Pas d'ordre intrinsèque de synchronisation.
- Pas d'outil efficace d'analyse spectrale.

3. Tatouage de maillages 3D

3.4. Classification des techniques de tatouage de maillages 3D

Les techniques de tatouages de maillages 3D existantes peuvent être classifiées en deux catégories principales :

- **Domaine spatial :**
 - **Géométrie** : (Mun et al. [17]).
 - **Connectivité** : (Ohbuchi et al. [18]).

- **Domaine fréquentiel :**
 - **Analyse Fréquentielle directe** : Lavoue et al. [19] .
 - **Analyse Multirésolution** : (Wang et al. [20]) .

- **Robustesse :**
 - **Méthodes robustes** : (Medimegh et al. [21]).
 - **Méthodes de haute capacité** : (Bogomjakov [22]).
 - **Méthodes fragiles** : (Molaei et al. [23]).

[17] Mun, S. M., Jang, H. U., Kim, D. G., Choi, S., & Lee, H. K. (2015, December). A robust 3D mesh watermarking scheme against cropping. In 2015 International Conference on 3D Imaging (IC3D) (pp. 1-6). IEEE.

[18] Ohbuchi, R., Masuda, H., & Aono, M. (1997, November). Watermarking three-dimensional polygonal models. In ACM multimedia (Vol. 97, pp. 261-272).

[19] Lavoue, G., Denis, F., & Dupont, F. (2007). Subdivision surface watermarking. *Computers & Graphics*, 31(3), 480-492.

[20] Wang, K., Lavoué, G., Denis, F., & Baskurt, A. (2008). Hierarchical watermarking of semiregular meshes based on wavelet transform. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, 3(4), 620-634.

[21] Medimegh, N., Belaid, S., Atri, M., & Werghi, N. (2018). 3D mesh watermarking using salient points. *Multimedia Tools and Applications*, 77(24), 32287-32309.

[22] Bogomjakov, A., Gotsman, C., & Isenburg, M. (2008, April). Distortion-free steganography for polygonal meshes. In *Computer graphics forum* (Vol. 27, No. 2, pp. 637-642). Oxford, UK : Blackwell Publishing Ltd.

[23] Molaei, A. M., Ebrahimzhad, H., & Sedaaghi, M. H. (2013). A blind fragile watermarking method for 3D models based on geometric properties of triangles. *3D Research*, 4(4), 4.

1 Introduction générale

2 Tatouage numérique

3 Tatouage de maillages 3D

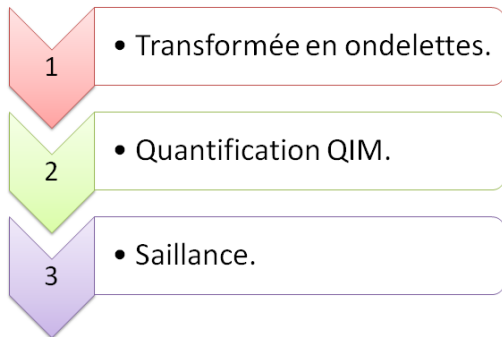
4 **Tatouage robuste et aveugle de maillages 3D basé sur la transformation en ondelettes et la saillance pour la protection des droits d'auteur**

- Principe de la méthode proposée
- Transformée en ondelettes
- Quantification par modulation d'index (QIM)
- Saillance de maillages
- Schéma global de la méthode proposée
- Phase d'insertion
- Phase d'extraction
- Résultats expérimentaux
- Évaluation de l'imperceptibilité
- Évaluation de robustesse

5 Conclusion

4. Tatouage robuste et aveugle de maillages 3D basé sur la transformation en ondelettes et la saillance pour la protection des droits d'auteur

4.1. Principe de la méthode proposée

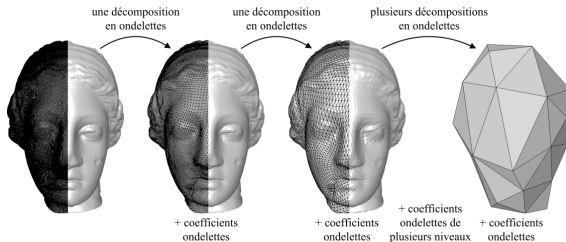


4. Tatouage robuste et aveugle de maillages 3D basé sur la transformation en ondelettes et la saillance pour la protection des droits d'auteur

4.2. Transformée en ondelettes

L'analyse multirésolution

- Permet de produire différentes représentations du maillage 3D partant des basses fréquences (maillage grossier) jusqu'aux moyennes et hautes fréquences (maillage dense) représentant les informations de détails à différents niveaux de résolution.
- Assure un bon compromis robustesse-imperceptibilité.



4. Tatouage robuste et aveugle de maillages 3D basé sur la transformation en ondelettes et la saillance pour la protection des droits d'auteur

4.3. Quantification par modulation d'index (QIM)

Quantization Index Modulation (QIM)

- Très utilisée dans le traitement de signal, d'images et de vidéo.
- Simple à mettre en oeuvre.
- Aveugle et assure un bon compromis robustesse-capacité.
- Deux quantificateurs Q_0 et Q_1 sont nécessaires [1].

$$Q_b(x) = \Delta \left[\frac{1}{\Delta} (x - (-1)^b \frac{\Delta}{4}) + (-1)^b \frac{\Delta}{4} \right] \quad (10)$$

- Les bits de la marque \hat{b} sont retrouvés en recalculant les deux quantificateurs $Q_b(x)$.

$$\hat{b} = \operatorname{argmin} \|\hat{x} - Q_b(x)\|_2 \quad (11)$$

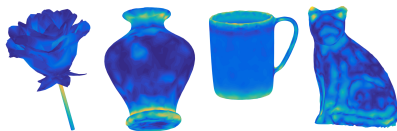
[1] Chen, B. et Wornell, G. W. (2001). Quantization index modulation : A class of provably good methods for digital watermarking and information embedding. IEEE Transactions on Information Theory, 47(4) :1423-1443.

4. Tatouage robuste et aveugle de maillages 3D basé sur la transformation en ondelettes et la saillance pour la protection des droits d'auteur

4.4. Saillance de maillages

Mesh saliency

- Mesure qui représente l'importance d'un point ou d'une région locale d'un maillage 3D d'une manière similaire à la perception visuelle humaine [2].
- L'attention visuelle de l'être humain est généralement dirigée vers la partie saillante du maillage 3D.
- Méthode adoptée : Lee et al. [3].
- Permet de Calculer la saillance des sommets en se basant sur la courbure moyenne des surfaces du maillage 3D.
- Étapes du modèle de Lee.et al [3] :
 - 1 Calculer la courbure moyenne du maillage.
 - 2 Calculer la différence absolue entre les moyennes pondérées gaussiennes à plusieurs échelles.
 - 3 Saillance finale est la somme de ces différences sur toutes les échelles.



[2] Song, R., Liu, Y., Martin, R. R. et Rosin, P. L. (2014). Mesh saliency via spectral processing. ACM Transactions on Graphics (TOG), 33(1) :6.

[3] Lee, C. H., Varshney, A. et Jacobs, D. W. (2005). Mesh saliency. ACM transactions on graphics (TOG), 24(3) :659-666.

4. Tatouage robuste et aveugle de maillages 3D basé sur la transformation en ondelettes et la saillance pour la protection des droits d'auteur

4.5. Schéma global de la méthode proposée

Schéma d'insertion

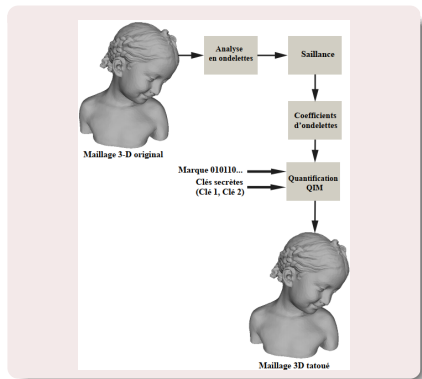
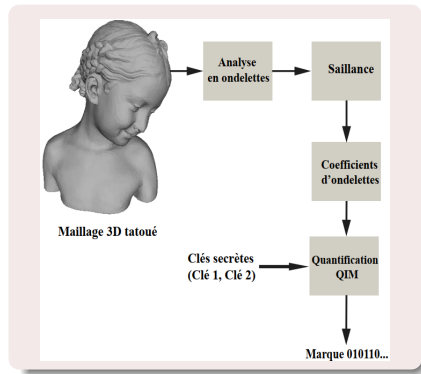


Schéma d'extraction



4. Tatouage robuste et aveugle de maillages 3D basé sur la transformation en ondelettes et la saillance pour la protection des droits d'auteur

4.6. Phase d'insertion

Algorithme d'insertion

- 1 Effectuer une analyse en ondelettes jusqu'au niveau intermédiaire l .
- 2 Extraire les sommets saillants du maillage 3D du niveau l en utilisant la saillance.
- 3 Trouver les coefficients d'ondelettes correspondants aux sommets saillants suivant le seuil S et calculer leurs normes correspondantes.
- 4 Quantifier les normes euclidiennes ($\|\cdot\|_2$) des coefficients d'ondelettes en utilisant le schéma QIM.
- 5 Reconstruire le maillage tatoué à partir des normes des coefficients d'ondelettes modifiées.

$$V'(x', y', z') = \frac{\|W_{C'}\|}{\|W_C\|} V(x, y, z) \quad (12)$$

- l : après deux décompositions en ondelettes || S : 70% max des valeurs de la saillance.

4. Tatouage robuste et aveugle de maillages 3D basé sur la transformation en ondelettes et la saillance pour la protection des droits d'auteur

4.7. Phase d'extraction

Algorithme d'extraction

- 1 Effectuer une analyse en ondelettes jusqu'au niveau intermédiaire l .
- 2 Calculer la saillance du maillage tatoué et extraire les coefficients d'ondelettes modifiés à l'aide du seuil S .
- 3 Calculer les normes des coefficients d'ondelettes extraits et appliquer la quantification QIM.
- 4 Extraire les bits de la marque en utilisant l'équation (11).

4. Tatouage robuste et aveugle de maillages 3D basé sur la transformation en ondelettes et la saillance pour la protection des droits d'auteur

4.8. Résultats expérimentaux

Données expérimentales

- Maillages 3D avec différentes complexités.
- Pas de quantification fixé à 0.10.
- Seuil S fixé à 70% des valeurs max de la saillance.
- Marque de taille 64 bits.
- Imperceptibilité mesurée en termes de MRMS, HD et MSDM.
- Robustesse évaluée en termes de corrélation normalisée.

Objet	Bunny	Horse	Venus	Rabbit	Flower	Bimba
# Sommets	34835	112642	100759	70658	2523	8857
# facettes	69666	225280	201514	141312	4895	17710

4. Tatouage robuste et aveugle de maillages 3D basé sur la transformation en ondelettes et la saillance pour la protection des droits d'auteur

4.9. Évaluation de l'imperceptibilité

Objets originaux Vs Objets tatoués



Imperceptibilité sans et avec saillance

Modèle	MRMS (10^{-3})	HD (10^{-3})	MSDM
Flower	0.84/ 0.43	4.88/ 3.23	0.78/ 0.24
Vase	0.55/ 0.32	4.67/ 2.86	0.75/ 0.34
Cup	0.09/ 0.78	3.22/ 2.58	0.81/ 0.31
Ant	0.77/ 0.41	3.36/ 3.87	0.89/ 0.38
Cat	0.95/ 0.49	1.8/ 0.78	0.28/ 0.18
Bimba	0.74/ 0.31	2.88/ 1.41	0.61/ 0.12

4. Tatouage robuste et aveugle de maillages 3D basé sur la transformation en ondelettes et la saillance pour la protection des droits d'auteur

4.9. Évaluation de l'imperceptibilité

Comparaison d'imperceptibilité avec la méthode de Wang et al. [1]

Objet	Venus	Horse	Rabbit
MRMS (10^{-3})	1.21/ 0.72	0.64/ 0.62	1.12/ 0.54
HD (10^{-3})	5.87/ 2.18	2.65/ 1.86	3.99/ 3.63

Comparaison d'imperceptibilité avec les méthodes [2], [3] et[4]

Méthode	MRMS (10^{-3})	MSDM
Cho et al.[2]	3.17	0.3197
Rolland et al. [3]	1.48	0.2992
Son et al.[4]	2.90	0.3197
Méthode proposée	0.38	0.2254

[1] Wang, K., Lavoué, G., Denis, F. et Baskurt, A. (2008b). Hierarchical watermarking of semiregular meshes based on wavelet transform. IEEE Transactions on Information Forensics and Security, 3(4) :620-634.

[2] Cho, J.-W., Prost, R. et Jung, H.-Y. (2006). An oblivious watermarking for 3-d polygonal meshes using distribution of vertex norms. IEEE Transactions on Signal Processing, 55(1) :142-155.

[3] Rolland-Neviere, X., Doerr, G. et Alliez, P. (2014). Triangle surface mesh watermarking based on a constrained optimization framework. IEEE transactions on information forensics and security, 9(9) :1491-1501.

[4] Son, J., Kim, D., Choi, H.-Y., Jang, H.-U. et Choi, S. (2017). Perceptual 3d watermarking using mesh saliency. In International Conference on Information Science and Applications, pages 315-322. Springer.

4. Tatouage robuste et aveugle de maillages 3D basé sur la transformation en ondelettes et la saillance pour la protection des droits d'auteur

4.9. Évaluation de l'imperceptibilité

Comparaison d'imperceptibilité avec les méthodes [5] et [6]

Objet	Méthode	Distance d'Hausdorff ($\times 10^{-3}$)
Bunny	Cho et al. [5]	0.73
	Medimegh et al. [6]	0.41
	Méthode proposée	0.36
Venus	Cho et al. [5]	2.50
	Medimegh et al. [6]	3.90
	Méthode proposée	1.71
Horse	Cho et al. [5]	3.21
	Medimegh et al. [6]	2.90
	Méthode proposée	1.57

La méthode proposée > les six méthodes alternatives en termes *imperceptibilité*

[5] Cho, J.-W., Prost, R. et Jung, H.-Y. (2006). An oblivious watermarking for 3-d polygonal meshes using distribution of vertex norms. IEEE Transactions on Signal Processing, 55(1) :142-155.

[6] Medimegh, N., Belaid, S., Atri, M. et Werghi, N. (2018). 3d mesh watermarking using salient points. Multimedia Tools and Applications, 77(24) :32287-32309.

4. Tatouage robuste et aveugle de maillages 3D basé sur la transformation en ondelettes et la saillance pour la protection des droits d'auteur

4.10. Évaluation de robustesse

Attaques

Attaques effectuées en utilisant le Benchmark de Wang et al. [1] :

- Ajout de bruit (0.05%, 0.10%, 0.30% et 0.50%).
 - Lissage Laplacien (5, 10, 30 et 50 itérations).
 - Quantification 7 bits, 8 bits, 9 bits, 10 bits et 11 bits.
 - Transformations de similarité (rotation, translation, mise en échelle).
 - Subdivision (loop, midpoint et sqrt3).
 - Réarrangement des éléments.
 - Coupe.
-
- La robustesse est évaluée en termes de corrélation normalisée calculée entre la marque insérée et la marque extraite.

[1] Wang, K., Lavoué, G., Denis, F., Baskurt, A. et He, X. (2010). A benchmark for 3d mesh watermarking. In 2010 Shape Modeling International Conference, pages 231-235. IEEE

4. Tatouage robuste et aveugle de maillages 3D basé sur la transformation en ondelettes et la saillance pour la protection des droits d'auteur

4.10. Évaluation de robustesse

Robustesse au bruit

Intensité	Flower	Vase	Cup	Ant	Cat	Bimba
0.05%	1.0	1.0	0.98	0.99	0.98	1.0
0.10%	0.98	0.96	0.96	0.95	0.93	0.95
0.30%	0.86	0.88	0.86	0.92	0.91	0.90
0.50%	0.83	0.77	0.79	0.81	0.83	0.84

Robustesse au lissage Laplacien ($\lambda = 0.1$)

Nombre d'itérations	Flower	Vase	Cup	Ant	Cat	Bimba
5	1.0	0.99	1.0	0.99	1.0	1.0
10	1.09	0.99	0.98	1.0	0.98	0.98
30	0.99	0.97	0.93	0.95	0.94	0.94
50	0.93	0.92	0.91	0.88	0.90	0.95

Robustesse au réarrangement d'éléments

Réarrangement d'éléments	Flower	Vase	Cup	Ant	Cat	Bimba
Réarrangement d'éléments 1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Réarrangement d'éléments 2	0.99	0.98	1.0	0.97	1.0	0.99
Réarrangement d'éléments 3	1.0	1.0	0.97	1.0	1.0	0.99

4. Tatouage robuste et aveugle de maillages 3D basé sur la transformation en ondelettes et la saillance pour la protection des droits d'auteur

4.10. Évaluation de robustesse

Robustesse à la quantification

Quantification	Flower	Vase	Cup	Ant	Cat	Bimba
11 bits	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10 bits	1.0	1.0	0.99	1.0	0.97	1.0
9 bits	0.99	0.99	0.97	0.99	1.0	0.98
8 bits	0.95	0.94	0.93	0.94	0.96	0.96
7 bits	0.83	0.83	0.81	0.82	0.82	0.91

Robustesse aux transformations de similarité

Transformation de similarité	Flower	Vase	Cup	Ant	Cat	Bimba
Type 1	1.0	0.97	1.0	0.98	1.0	0.99
Type 2	0.98	0.96	1.0	0.98	1.0	1.0
Type 3	0.99	0.99	1.0	1.0	0.98	0.94

Robustesse à la subdivision

Subdivision	Flower	Vase	Cup	Ant	Cat	Bimba
Loop	1.0	1.0	1.0	0.98	0.98	0.99
Midpoint	0.94	0.90	0.91	0.92	0.95	0.96
Sqrt3	0.99	0.97	0.96	0.99	1.0	0.98

4. Tatouage robuste et aveugle de maillages 3D basé sur la transformation en ondelettes et la saillance pour la protection des droits d'auteur

4.10. Évaluation de robustesse

Robustesse à la coupe

Coupe	Flower	Vase	Cup	Ant	Cat	Bimba
10%	0.55	0.59	0.64	0.61	0.68	0.52
30%	0.45	0.32	0.37	0.41	0.38	0.34
50%	0.32	0.15	0.17	0.22	0.24	0.19

Comparaison de robustesse contre le bruit, le lissage et la coupe

Attaques	[1]	[2]	Méthode proposée
Sans attaque	1.0	1.0	1.0
Bruit additif 0.10%	1.0	1.0	1.0
Lissage	0.88	0.87	1.0
Coupe 10%	0.2	1.0	0.66

[1] Cho, J.-W., Prost, R. et Jung, H.-Y. (2006). An oblivious watermarking for 3-d polygonal meshes using distribution of vertex norms. IEEE Transactions on Signal Processing, 55(1) :142-155.

[2] Medimegh, N., Belaid, S., Atri, M. et Werghi, N. (2018). 3d mesh watermarking using salient points. Multimedia Tools and Applications, 77(24) :32287-32309.

4. Tatouage robuste et aveugle de maillages 3D basé sur la transformation en ondelettes et la saillance pour la protection des droits d'auteur

4.10. Évaluation de robustesse

Comparaison de robustesse avec la méthode de Cho et al. [4]

Attaque	Paramètres	[4]	Méthode proposée
Bruit	0.1%	0.87	0.99
	0.3%	0.51	0.90
	0.5%	0.18	0.84
Quantification	9-bit	0.94	0.99
	8-bit	0.88	0.95
	7-bit	0.39	0.89
Lissage	(10, 0.03)	0.75	0.92
	(30, 0.03)	0.57	0.88
	(50, 0.03)	0.46	0.71
Simplification	32.11%	0.94	0.98
	51.44%	0.77	0.85
	70.79%	0.58	0.71
	90.65%	0.38	0.46

[4] Cho, J.-W., Prost, R. et Jung, H.-Y. (2006). An oblivious watermarking for 3-d polygonal meshes using distribution of vertex norms. IEEE Transactions on Signal Processing, 55(1) :142-155.

4. Tatouage robuste et aveugle de maillages 3D basé sur la transformation en ondelettes et la saillance pour la protection des droits d'auteur

4.10. Évaluation de robustesse

Comparaison de corrélation avec Nakazawa et al. [5]

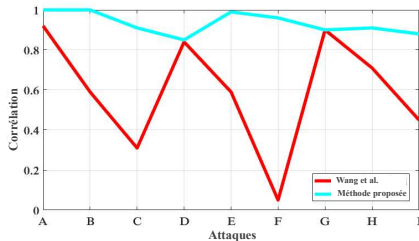
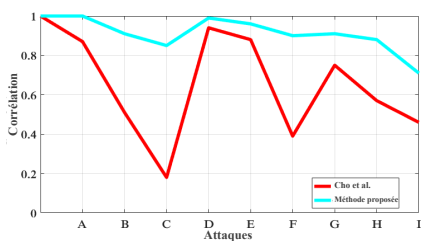
Attaque	Paramètres	[5]	Méthode proposée
Bruit	0.1%	0.75	0.99
	0.3%	0.5148	0.90
	0.5%	0.111	0.84
Quantification	9-bit	0.77	0.99
	8-bit	0.61	0.95
	7-bit	0.32	0.89
Lissage	(10, 0.03)	0.73	0.92
	(30, 0.03)	0.55	0.88
	(50, 0.03)	0.39	0.71
Simplification	32.11%	0.80	0.98
	51.44%	0.61	0.85
	70.79%	0.33	0.71
	90.65%	0.17	0.46

[5] Nakazawa, S., Kasahara, S. et Takahashi, S. (2010). A visually enhanced approach to watermarking 3d models. In 2010 Sixth International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing, pages 110-113. IEEE.

4. Tatouage robuste et aveugle de maillages 3D basé sur la transformation en ondelettes et la saillance pour la protection des droits d'auteur

4.10. Évaluation de robustesse

Comparaison de robustesse contre plusieurs attaques avec les schémas [6] et [7]



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Attaque	Bruit			Quantification			Lissage		
	0.05%	0.25%	0.5%	9-bits	8-bits	7-bits	10	30	50

[6] Cho, J.-W., Prost, R. et Jung, H.-Y. (2006). An oblivious watermarking for 3-d polygonal meshes using distribution of vertex norms. IEEE Transactions on Signal Processing, 55(1) :142-155

[7] Wang, K., Lavoué, G., Denis, F. et Baskurt, A. (2008b). Hierarchical watermarking of semiregular meshes based on wavelet transform. IEEE Transactions on Information Forensics and Security, 3(4) :620-634.

Conclusion

- Proposition d'une méthode de tatouage de maillages 3D pour la protection des droits d'auteur :

- Approche qui se repose sur la transformée en ondelettes et la saillance de maillages.
- Robuste aux attaques, notamment le bruit le lissage les transformations de similarité, etc.
- Assure une bonne imperceptibilité.

- Limitations :

- Maillage semi-régulier.
- Sensibilité à la coupe.

Tatouage de maillages 3D

- **Robustesse aux attaques de désynchronisation de la marque** ⇒ **primitives de synchronisation robustes et invariantes à ces manipulations.**
- Méthode de haute capacité ⇒ dissimuler des informations personnelles des patients (ID, rapports de diagnostic, etc).
- Méthode fragile pour contrôler l'intégrité des radios IRM ⇒ éviter un faux diagnostic (Télé-médecine).