

The background of the slide is a light beige color, decorated with a collage of numerous stone artifacts, likely flint or obsidian, scattered across the surface. These artifacts vary in shape, size, and color, ranging from dark grey to light tan. Some pieces show clear flaking patterns, while others are more irregular. The artifacts are arranged in a way that they appear to be floating or scattered around the central text.

Caractérisation des matériaux par RTI



Caractérisation des matériaux par RTI

Bureau d'Etude - Problèmes inverses pour le TD

Alexis Gosselin - Clémentine Grethen - Héloïse Lafargue - Léo Meissner - Romain Peyremorte

Sommaire

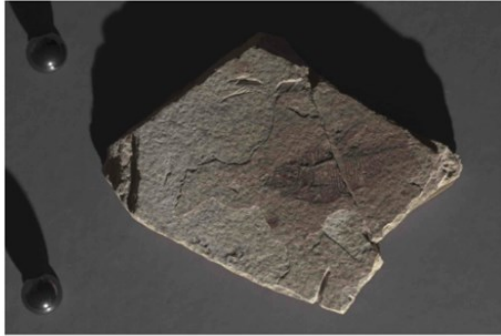
I.Contexte

II.Estimation d'un modèle de réflectance

III.Segmentation des matériaux d'un objet

IV.Perspectives d'amélioration et conclusion

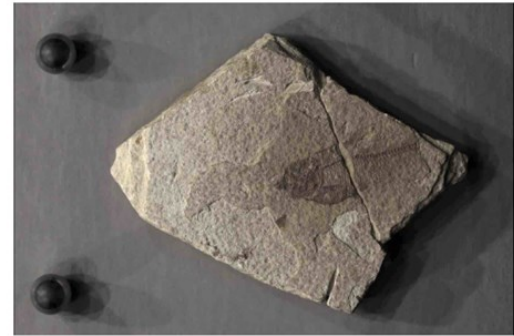
I - Notre problème



(a)



(b)



(c)

FIGURE 1 – (a-b) Trois photographies (parmi une centaine) d'un fossile de poisson, prises sous différents éclairages. (c) Image simulée en utilisant la technique RTI (*Reflectance Transformation Imaging*).

I - La RTI, Reflectance Transformation Imaging

Captation d'une série d'images prises
sous différents angles d'éclairage

→ détails de la surface

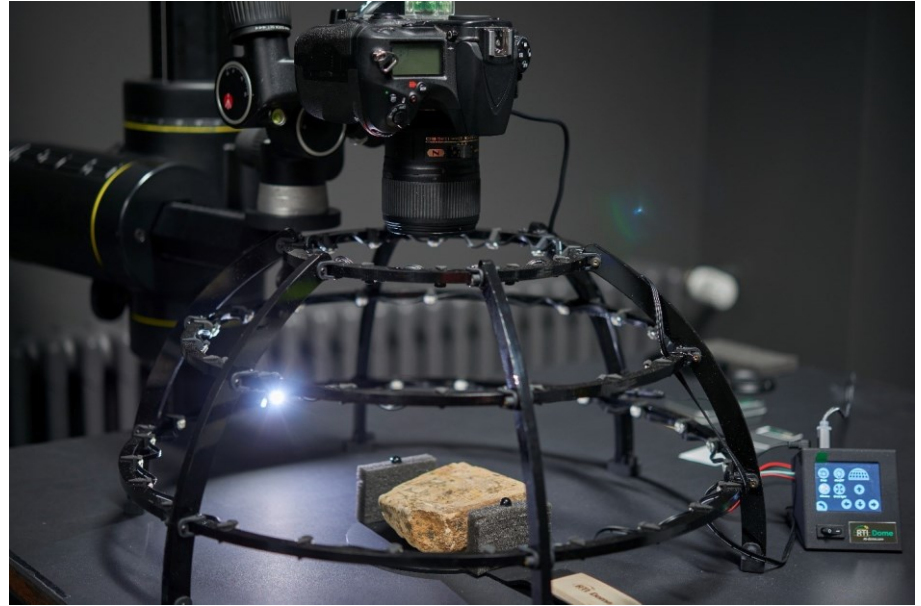


Figure - Photographie d'un dôme de RTI
https://view.kuleuven.be/beelden/rti.jpg/image_view_fullscreen

II - Estimation d'un modèle de réflectance

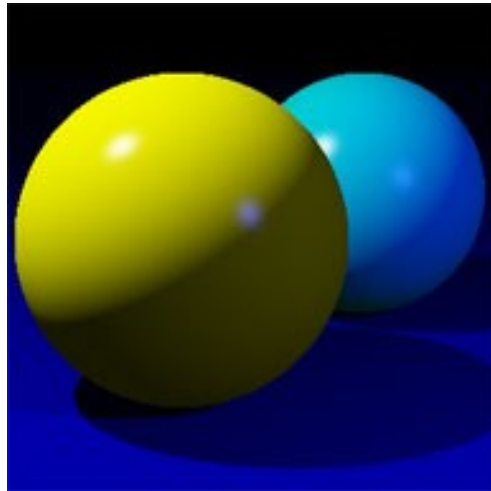
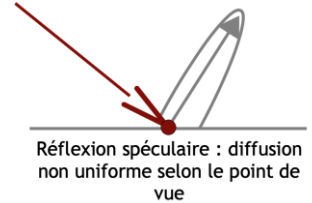
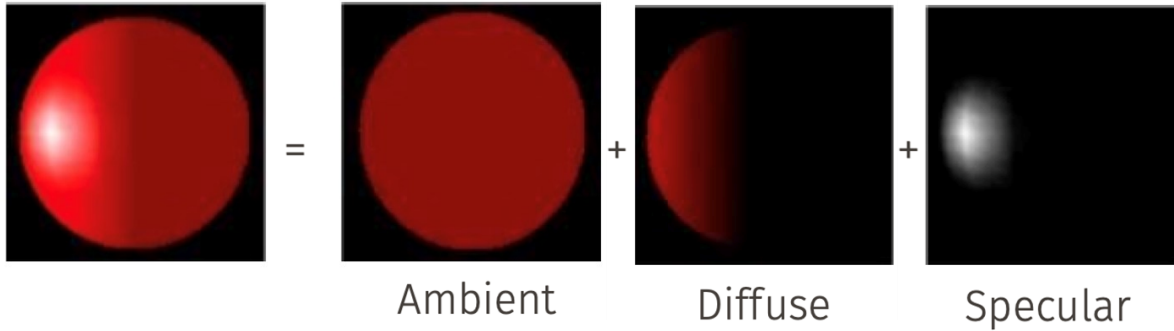


Figure - Mise en évidence spéculaire d'une paire de sphères
https://fr.wikipedia.org/wiki/Lumi%C3%A8re_sp%C3%A9culaire

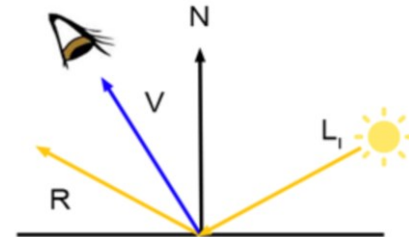
Rappels : Modèle de réflectance

$$f(\vec{L}, \vec{V}) = \text{ambient} + \text{diffus} + \text{speculaire}$$



Modèle de Phong :

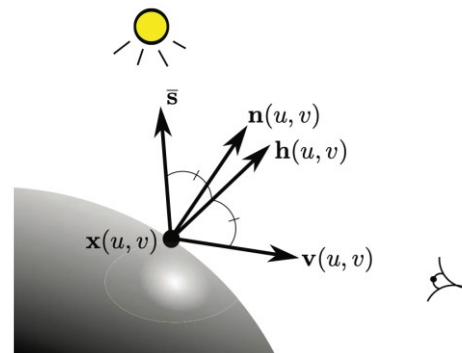
$$I = \rho_d \vec{n} \cdot \vec{l} + \rho_s (\vec{r} \cdot \vec{v})^\alpha$$



Modèle d'Oren-Nayar

$$I(u, v) = \rho(u, v) \max\{0, \chi_{\text{ON}}(\bar{\mathbf{s}}, \mathbf{n}(u, v), \mathbf{v}(u, v)) \mathbf{s} \cdot \mathbf{n}(u, v)\}$$

Ombre propre



$$\chi_{\text{ON}}(\bar{\mathbf{s}}, \mathbf{n}(u, v), \mathbf{v}(u, v)) = 1 - \frac{\sigma^2}{2(\sigma^2 + 0,57)} + \frac{0,45\sigma^2 \max\{0, \gamma(\bar{\mathbf{s}}, \mathbf{n}(u, v), \mathbf{v}(u, v))\}}{\sigma^2 + 0,09} \times C(\bar{\mathbf{s}}, \mathbf{n}(u, v), \mathbf{v}(u, v))$$

σ définit la rugosité de la surface

$\sigma = 0 \Leftrightarrow X_{\text{on}} = 1 \Leftrightarrow$ Matériau lambertien

Estimation de l'albédo

$$I(u, v) = \rho(u, v) \max\{0, \chi_{\text{ON}}(\bar{\mathbf{s}}, \mathbf{n}(u, v), \mathbf{v}(u, v)) \mathbf{s} \cdot \mathbf{n}(u, v)\}$$



$$\mathbf{m}(u, v) = \rho(u, v) \mathbf{n}(u, v)$$

$$I^i(u, v) = \max\{0, \chi_{\text{ON}}(\bar{\mathbf{s}}, \mathbf{n}(u, v), \mathbf{v}(u, v)) \mathbf{s}^i \cdot \mathbf{m}(u, v)\}, \quad \forall i \in [1, m]$$

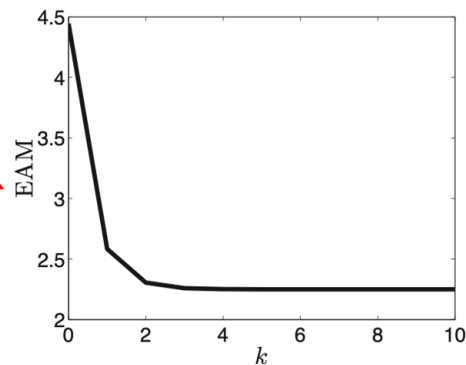
$$\mathbf{m}(u, v) = \mathbf{S}^+ \begin{bmatrix} \frac{I^1(u, v)}{\chi_{\text{ON}}(\bar{\mathbf{s}}^1, \mathbf{n}(u, v), \mathbf{v}(u, v))} \\ \vdots \\ \frac{I^m(u, v)}{\chi_{\text{ON}}(\bar{\mathbf{s}}^m, \mathbf{n}(u, v), \mathbf{v}(u, v))} \end{bmatrix}$$

\mathbf{S}^+ : pseudo Inverse de \mathbf{S}

Estimation du relief et de l'albédo

$$\mathbf{m}^{k+1}(u, v) = \mathbf{S}^+ \begin{bmatrix} \frac{I^1(u, v)}{\chi_{\text{ON}}(\overline{\mathbf{s}^1}, \mathbf{n}^k(u, v), \mathbf{v}(u, v))} \\ \vdots \\ \frac{I^m(u, v)}{\chi_{\text{ON}}(\overline{\mathbf{s}^m}, \mathbf{n}^k(u, v), \mathbf{v}(u, v))} \end{bmatrix}$$

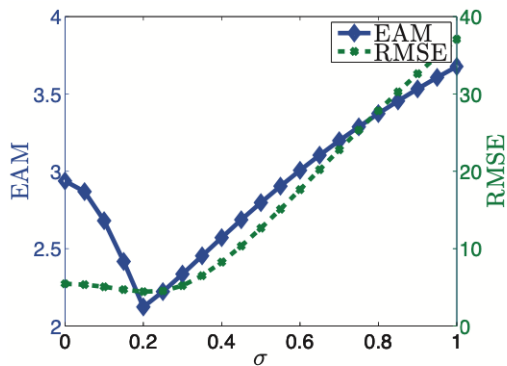
Estimation parallèle de $\rho^k(u, v)$
et de $\mathbf{n}^k(u, v)$ à chaque itération



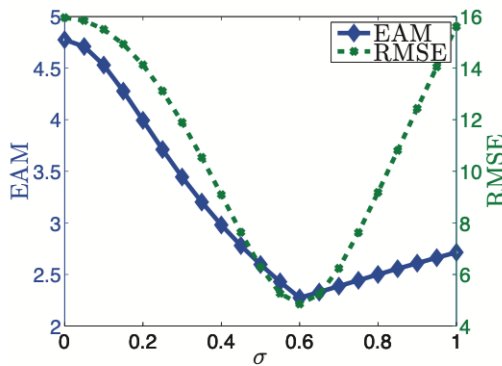
Convergence rapide du modèle

Estimation de la rugosité σ

On applique le schéma itératif pour différentes valeurs de σ



(a)



(b)

$$EAM = \frac{\sum_1^n |nc_i - nr_i|}{n}$$

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(\hat{y}_i - y_i)^2}{n}}$$

L'EAM nécessite la vérité terrain

On calcule donc plutôt la RMSE dont le min est proche du min de l'EAM

Jeu de données



Résultats avec Oren-Nayar

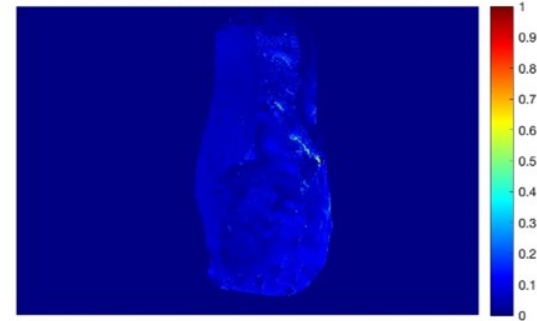
Ground truth



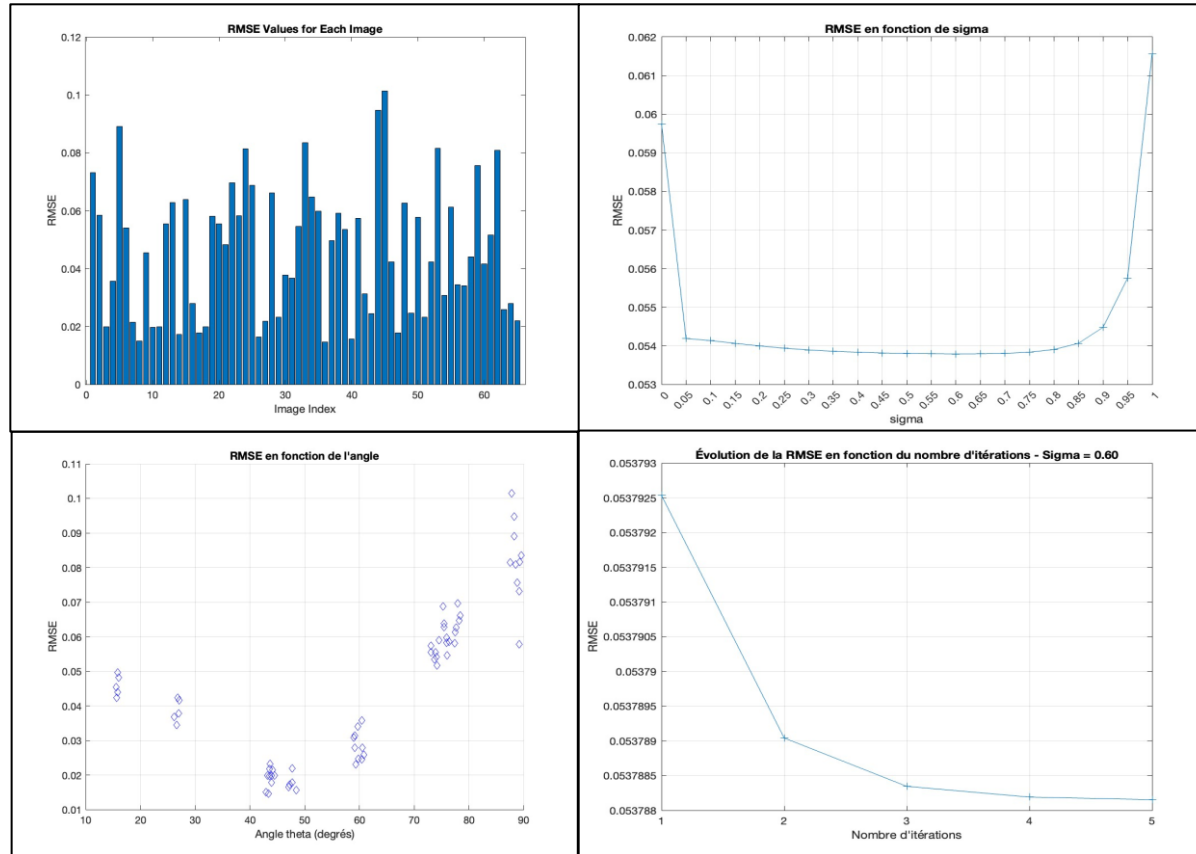
Oren-Nayar



Différence Référence/ON



Résultats avec Oren-Nayar



Résultats avec Oren-Nayar

Ground truth



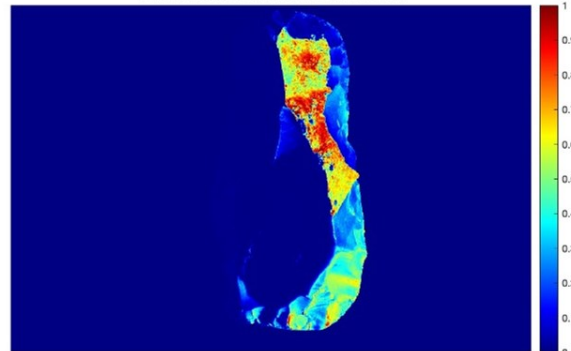
Lambertian



Oren-Nayar



Différence Référence/ON



III - Segmentation des matériaux d'un objet par classification

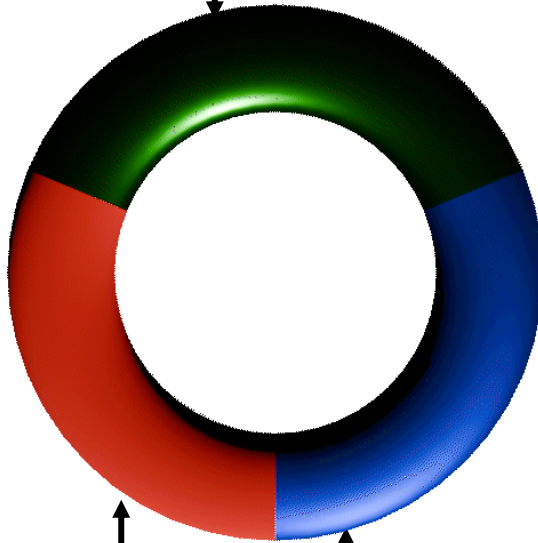


Figure - Classification de matériaux lambertien et non lambertien
<https://ieeexplore.ieee.org/document/5206558/>

Données de synthèse

Tore à 3 texture différentes :

Texture très spéculaire



Texture lambertienne

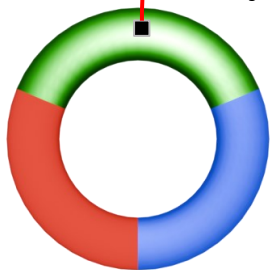
Texture un peu spéculaire

Normales correspondantes



$$I_i^j = a_{0,0}^j + a_{1,0}^j \theta_i + a_{0,1}^j \phi_i + a_{2,0}^j \theta_i^2 + a_{1,1}^j \theta_i \phi_i + a_{0,2}^j \phi_i^2$$

Pixel j , éclairage i

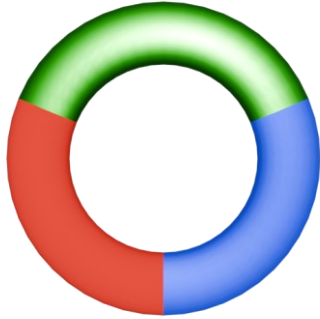


kmeans / SVM

6 coef pour chaque pixel

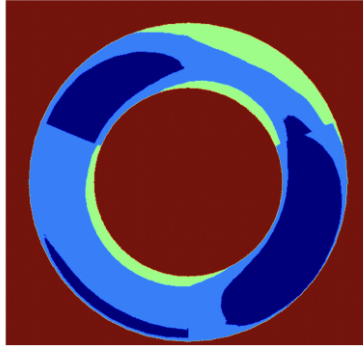


Approche 1 : Classification avec K-Means

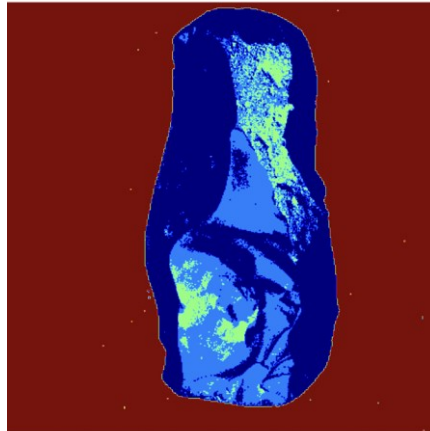


$k = 3$

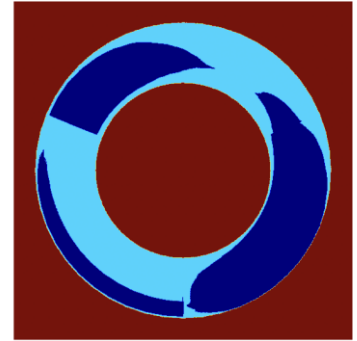
Résultat du Clustering



Résultat du Clustering

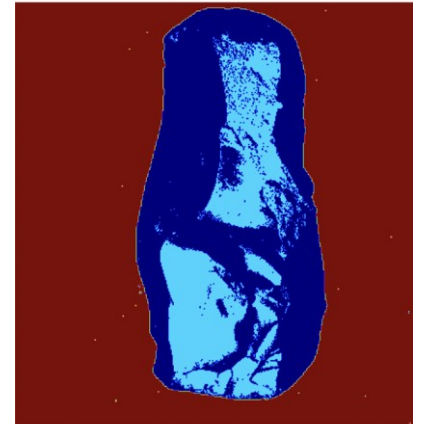


Résultat du Clustering

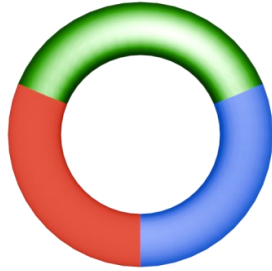


$k = 2$

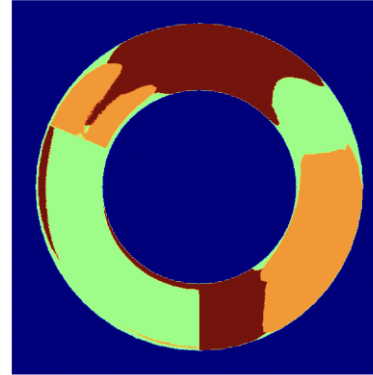
Résultat du Clustering



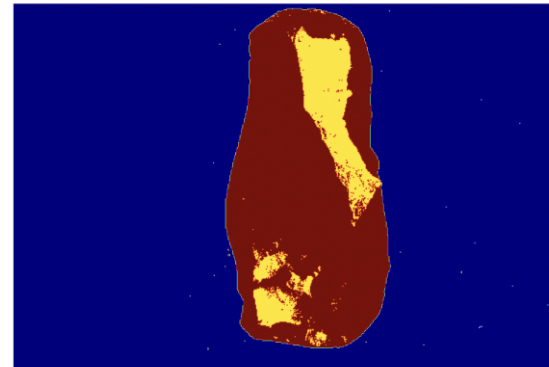
Approche 2 : Classification par un SVM

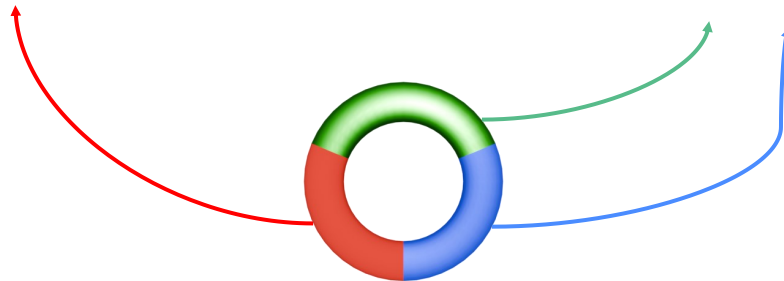
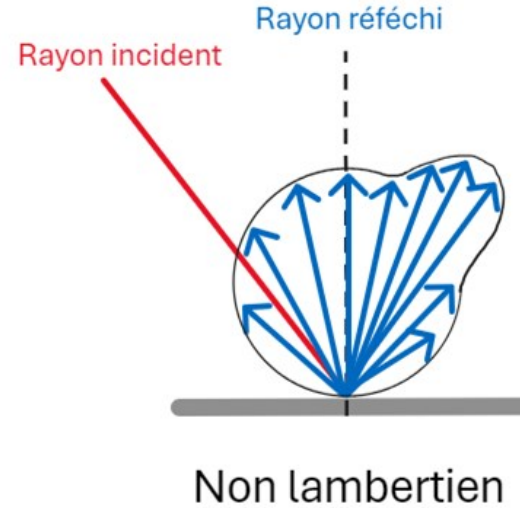
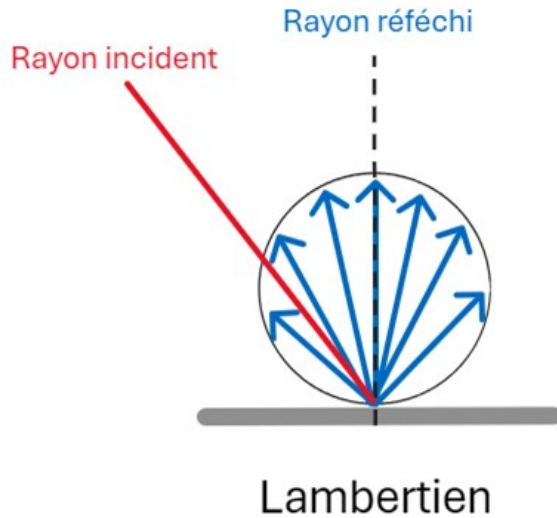


Résultat de la Classification SVM



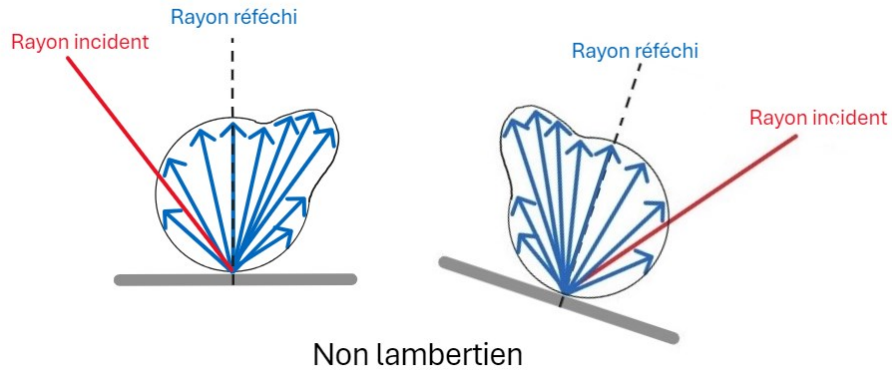
Résultat de la Classification SVM



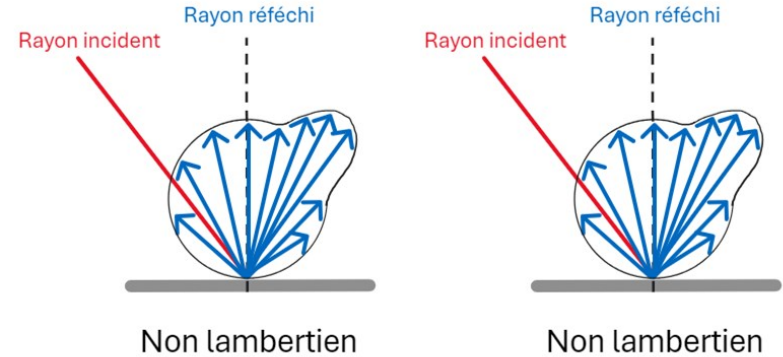


Approche 2 : Réorientation des vecteurs

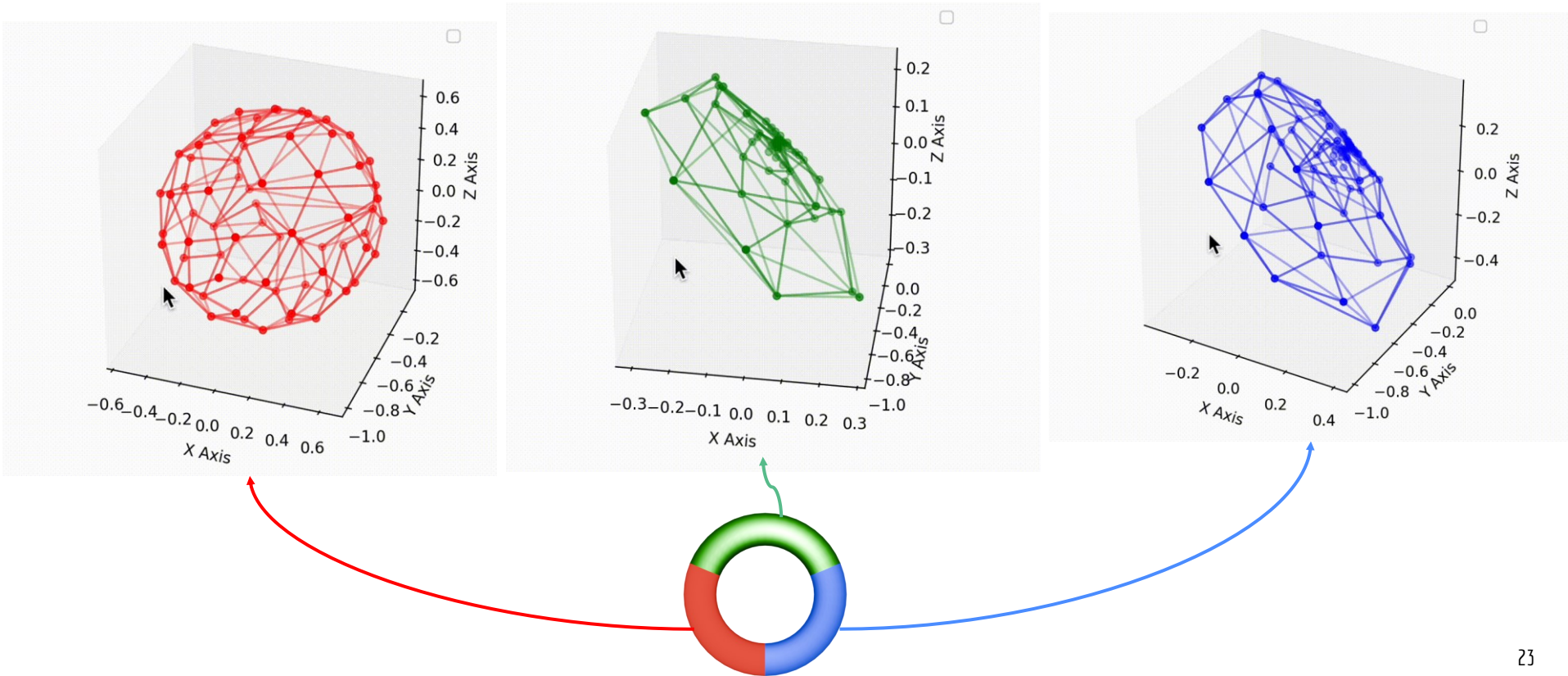
Repère caméra :



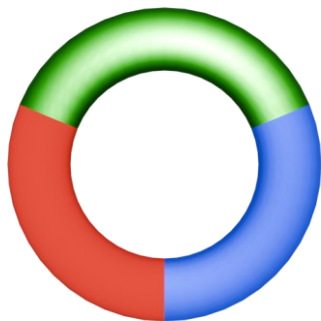
Repère avec z colinéaire à la normale :



Approche 2 : Visualisation des vecteurs d'éclairage pour chaque classe

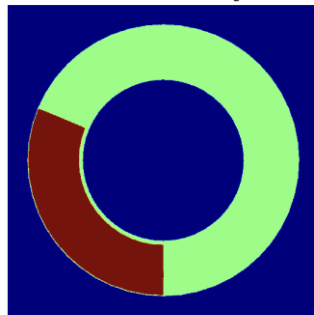


Approche 2 : Classification des vecteurs d'éclairage avec K-Means

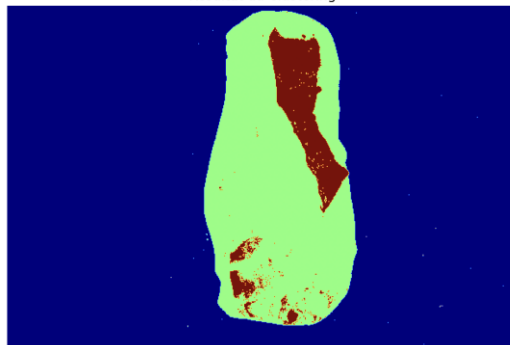


$k = 2$

Résultat du Clustering

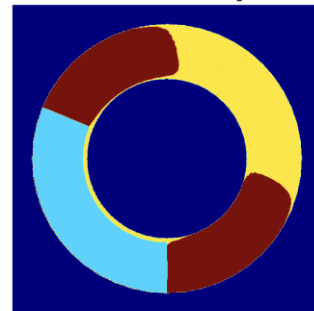


Résultat du Clustering

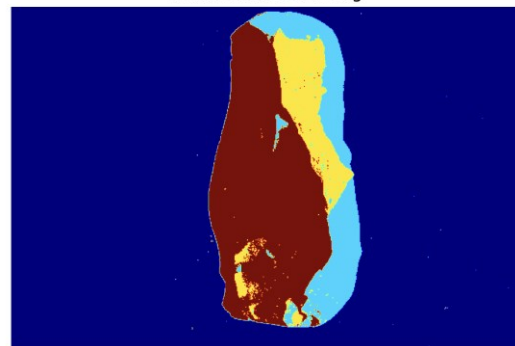


$k = 3$

Résultat du Clustering



Résultat du Clustering



Méthode 1

$$I_i^j = a_{0,0}^j + a_{1,0}^j \theta_i + a_{0,1}^j \phi_i + a_{2,0}^j \theta_i^2 + a_{1,1}^j \theta_i \phi_i + a_{0,2}^j \phi_i^2$$

→ **Mauvaise classification**

Changement de modèle: interpolation dans la base des harmoniques sphériques

Méthode 3

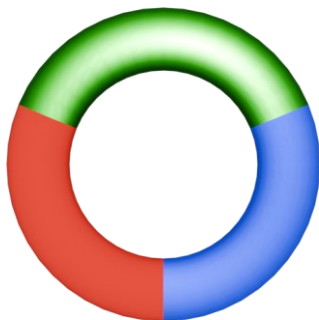
$$I_i^j = \sum_{l=0}^2 \sum_{m=-l}^l a_{lm}^j Y_{lm}(\theta_i, \phi_i)$$

kmeans / SVM

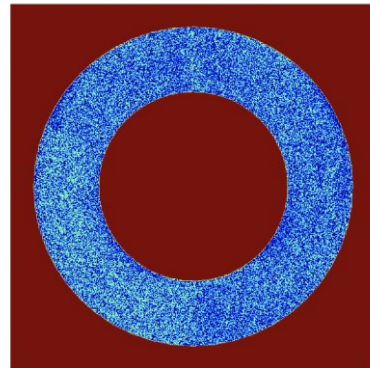
9 coef pour chaque pixel



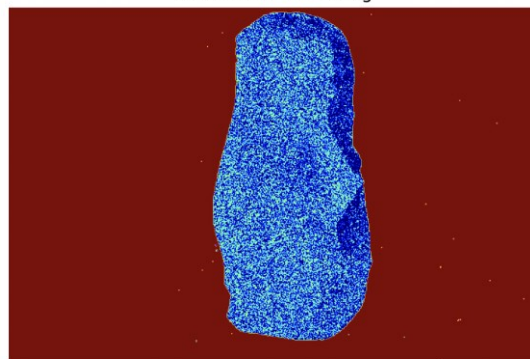
Approche 3 : Classification des HSH avec K-Means



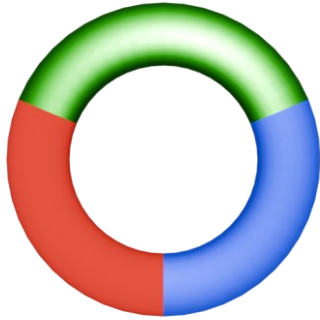
Résultat du Clustering



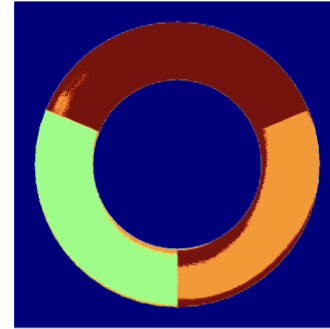
Résultat du Clustering



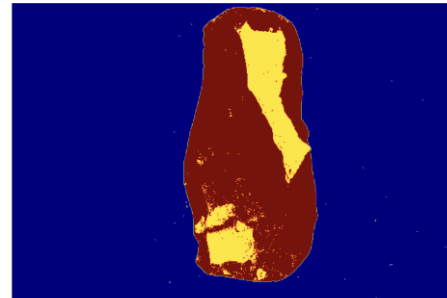
Approche 3 : Classification des HSH avec SVM



Résultat de la Classification SVM

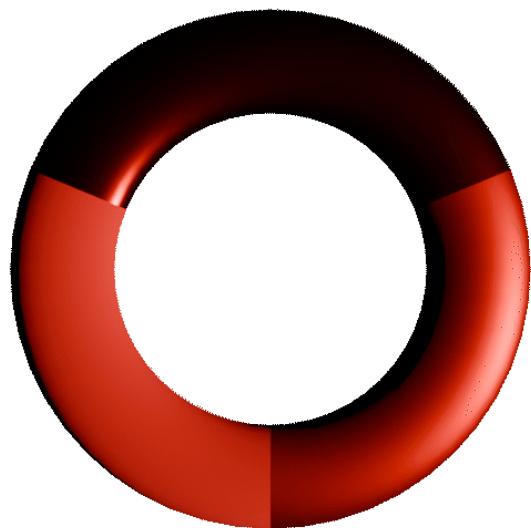


Résultat de la Classification SVM

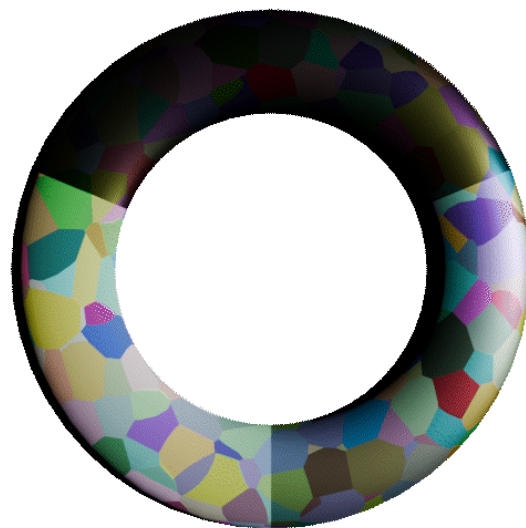


Données de synthèse avancées

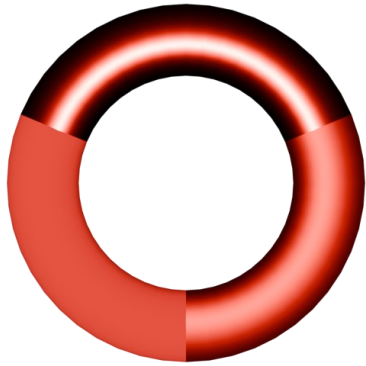
Même albédo



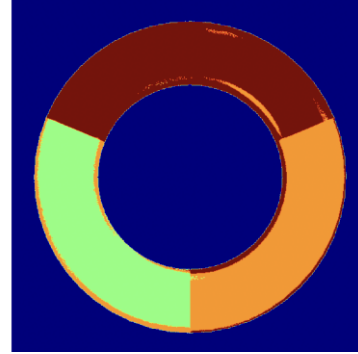
Albédo multicolore



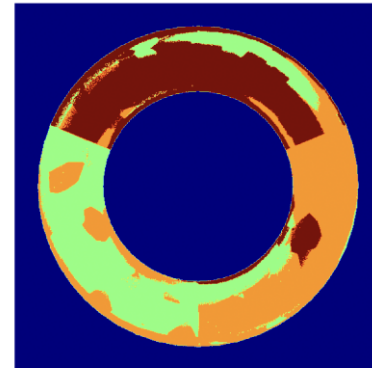
Approche 3 : Classification des HSH avec SVM



Résultat de la Classification SVM



Résultat de la Classification SVM



IV - Conclusion

- Données réelles intéressantes mais limitées
- RTI polynomiale décevant
- Vecteurs d'éclairage utiles pour différencier lambertien/reflectance
- HSH prometteurs mais par supervision

IV - Perspectives d'amélioration

- Tester un autre modèle de réflectance
- Trouver une supervision optimale pour la SVM
- Mettre en commun la classification et l'estimation de modèle
- Utiliser du Deep Learning
- Utiliser sur d'autres datasets

Merci pour votre écoute

Nous :



Bibliographie

- Wang O, Gunawardane P, Scher S, Davis J. Material classification using BRDF slices. In: 2009 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. IEEE;. p. 2805-11. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/5206558/>
- Frédéric Chambat, ENS de Lyon – Laboratoire de Géologie de Lyon. Les harmoniques sphériques — Planet-Terre; 02/2020. Available from: <https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/harmoniques-spheriques.xml>
- Yvain Queau, INP Toulouse. Reconstruction tridimensionnelle par stéréophotométrie. 11/2015.
- https://github.com/yqueau/robust_ps
- <https://github.com/amarmeddahi/reflectance-estimation/tree/main>