

Traitement de maillages 3D pour la simulation de dissection chirurgicale

Présenté par : Thibault Odorico

Tuteurs de stage : Guillaume Captier - Noura Faraj - Gérard Subsol
Tuteur universitaire : Pascal Giorgi

02/20 - 07/20

Sommaire

Introduction

1. Recherche et conception

- 1.1. Analyse du sujet et du problème
- 1.2. Recherche des algorithmes adaptés

2. Développement et expérimentations

- 2.1. Sélection et mise en place des technologies
- 2.2. Implémentations et expérimentations

3. Résultats

- 3.1. Résultats visuels actuels
- 3.2. Travail en cours et à faire



Conclusion

Introduction

[1] https://www.has-sante.fr/jcms/c_930641/fr/simulation-en-sante

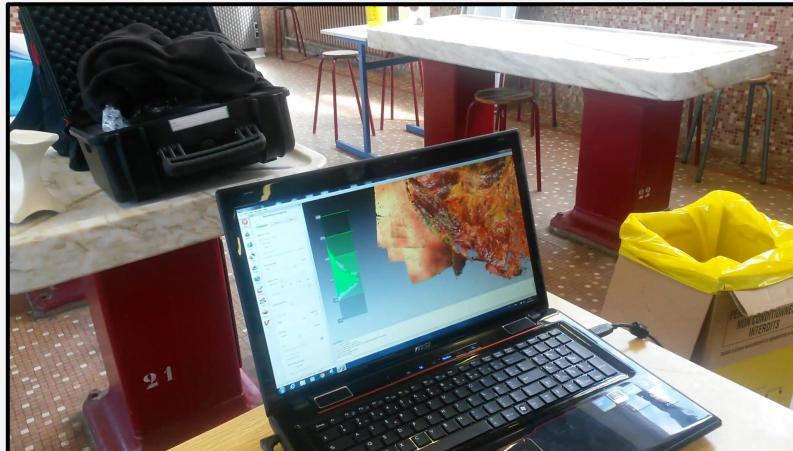
- Évolution des technologies de visualisation et d'interaction
- Besoin d'enseignements réalistes et interactifs en médecine
- Promotion de la simulation en santé par l'HAS [1]



- **Pr. Guillaume Captier** soutenu par **MUSE**, propose le projet **VESALE-3D** :
 - **Numériser** les structures anatomiques lors d'une dissection
 - **Visualiser** en 3D les étapes successives d'une dissection
 - **Concevoir** un outil interactif de "dissection virtuelle"

Introduction

- Développement informatique confié au **LIRMM** (équipe **ICAR**)
 - **Guillaume Captier**, PU-PH CHU Montpellier
 - **Noura Faraj**, équipe ICAR
 - **Gérard Subsol**, équipe ICAR
- Maillages surfaciques texturés HD acquis au *laboratoire d'anatomie de Montpellier* (Acquisitions)



Numérisation d'une étape de dissection



Visualisation des étapes de dissection

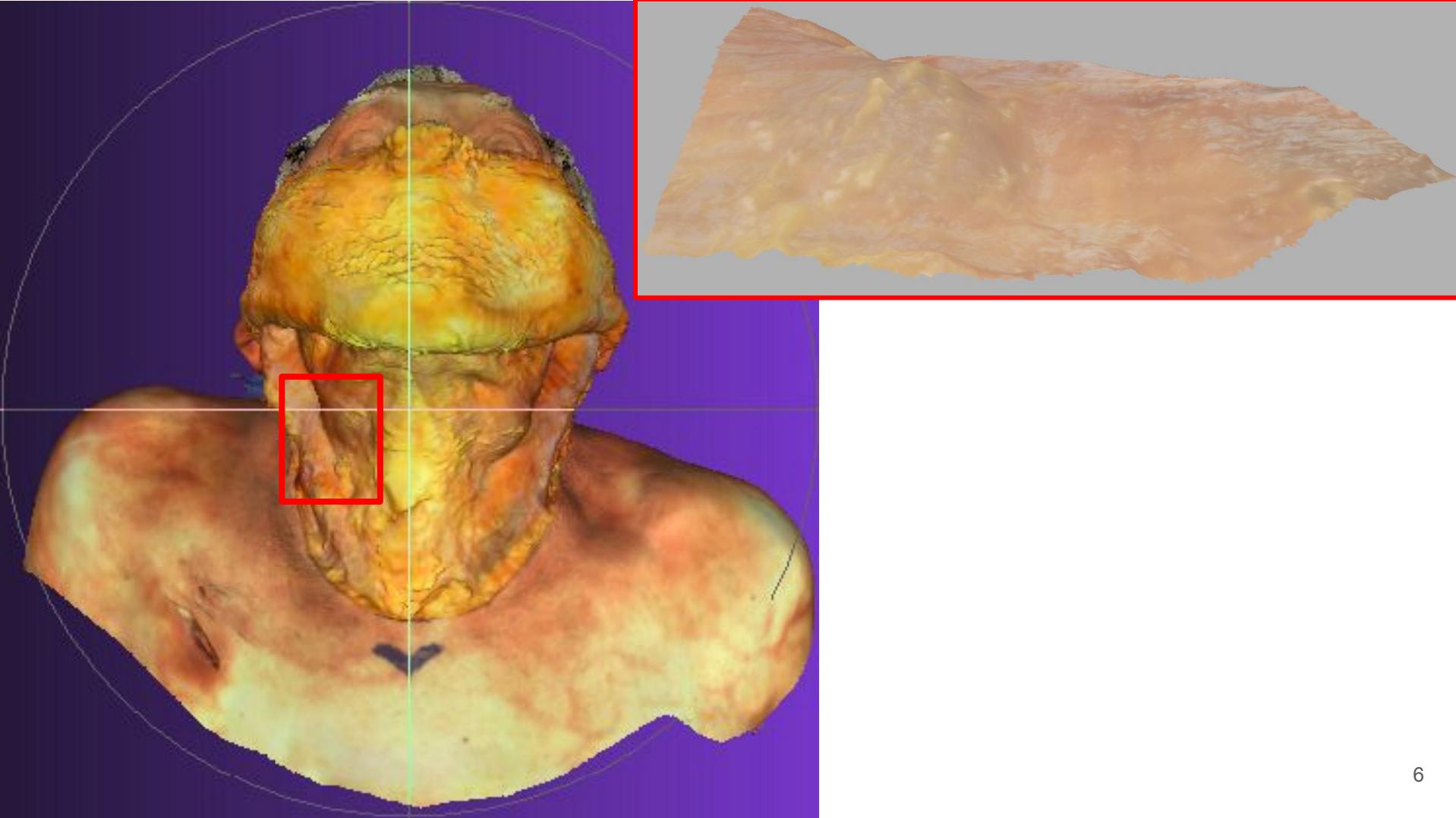
Introduction

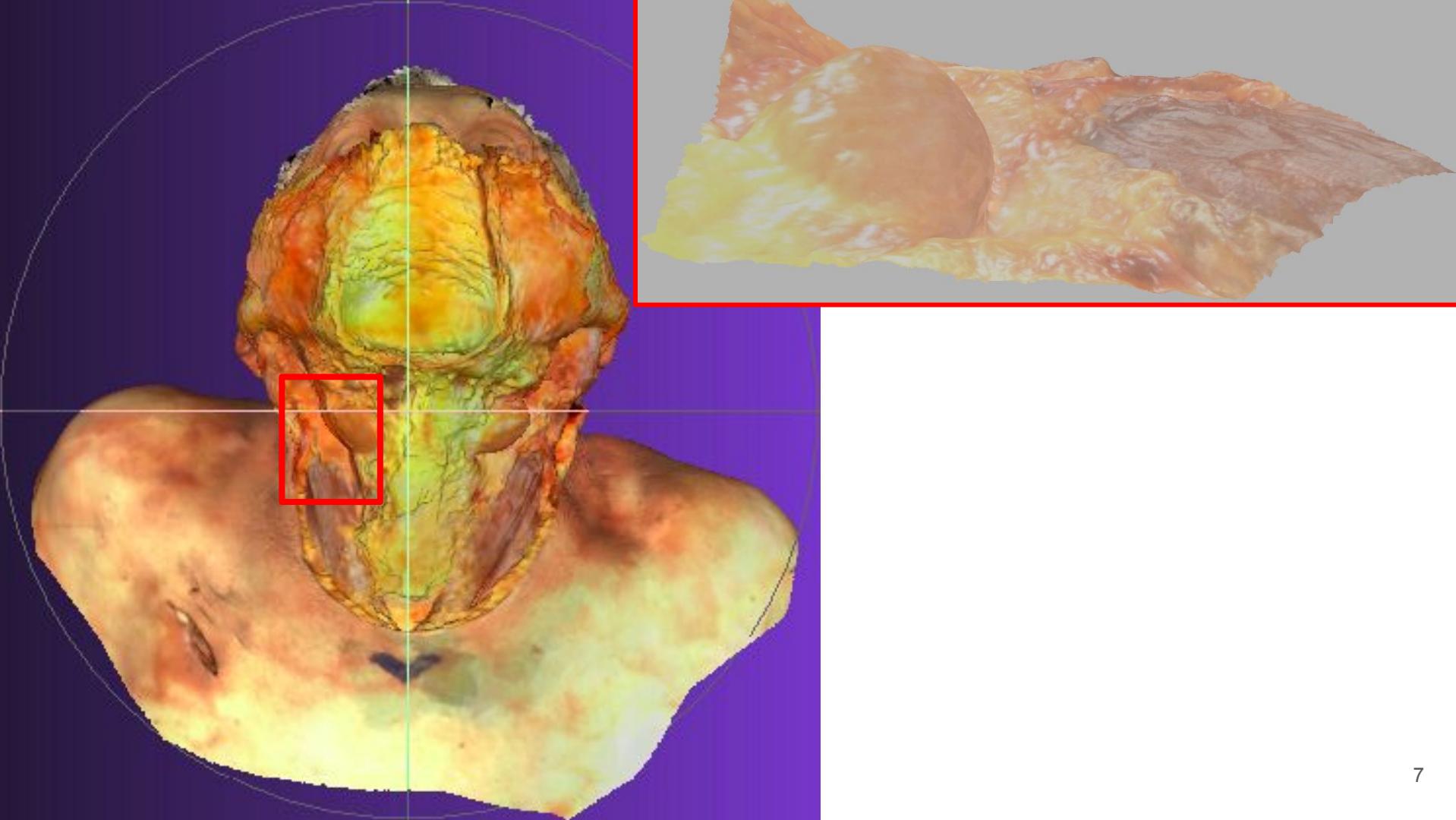
- Objectif du projet **VESALE-3D** → Simuler des interventions chirurgicales

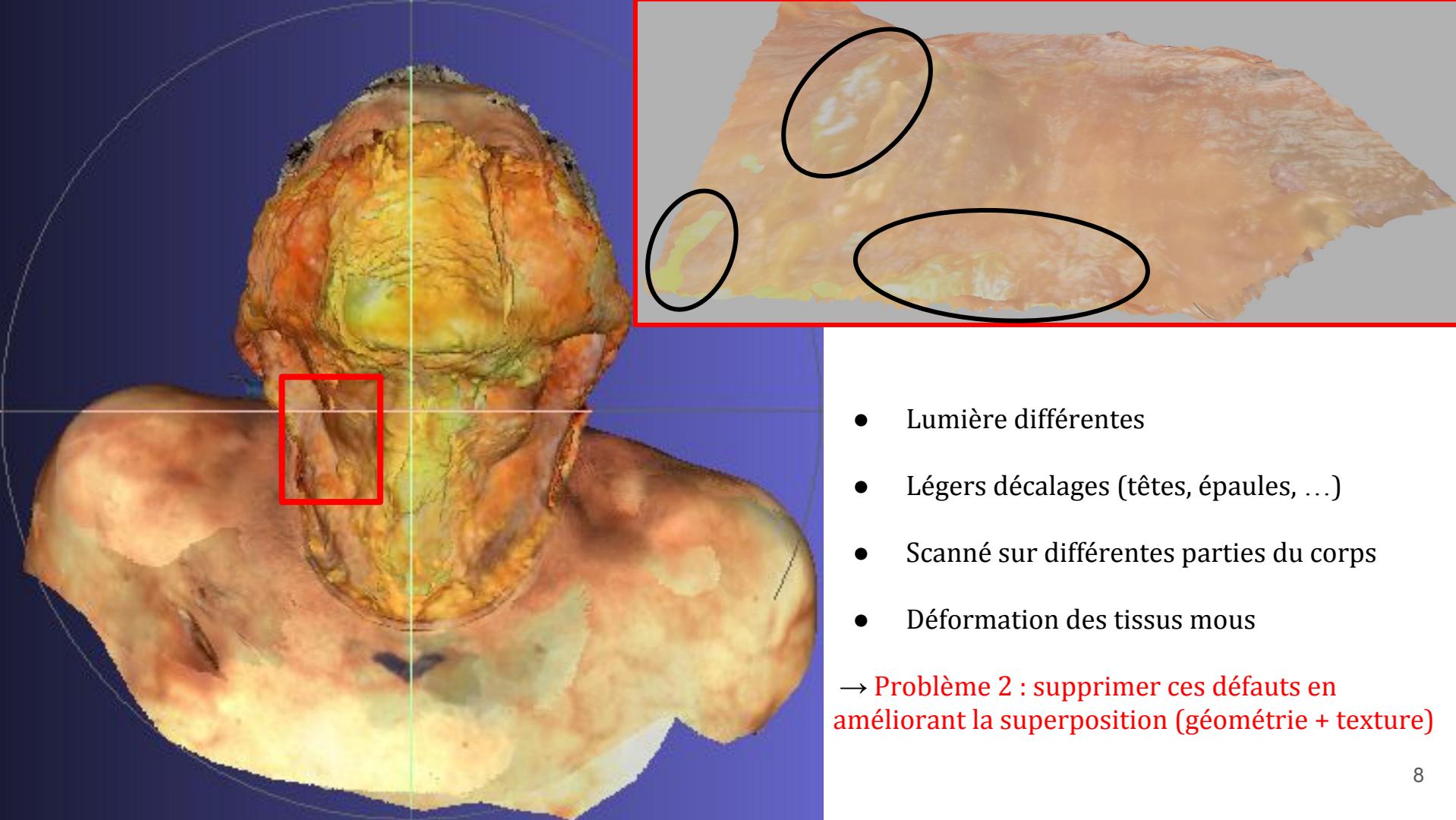


- ~**1.5M** de points (position, normal, texcoord, couleur)
- ~**3M** de triangles
- Multiplié par le nombre de maillages : **8 * (~300 Mo)** → ~**2.4 Go**

→ **Problème 1 : réduire la quantité de données en détectant les parties redondantes.**







- Lumière différentes
 - Légers décalages (têtes, épaules, ...)
 - Scanné sur différentes parties du corps
 - Déformation des tissus mous
- Problème 2 : supprimer ces défauts en améliorant la superposition (géométrie + texture)

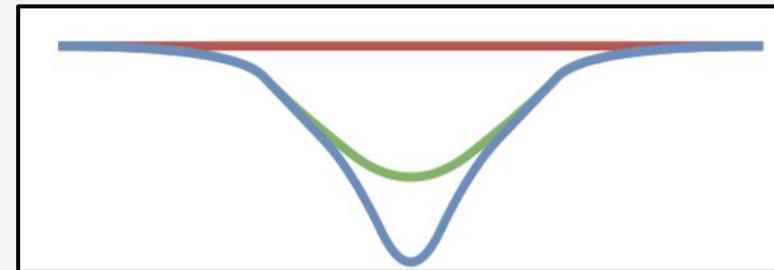
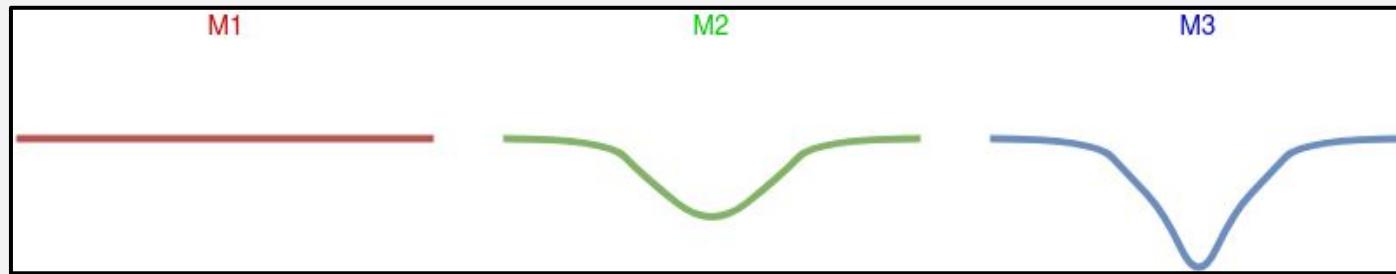
Introduction

- **Objectif du stage → Appliquer des traitements géométriques sur la série de maillages**
 - Sélectionner uniquement les parties qui diffèrent (nouvelles informations)
 - Adapter la géométrie
 - Adapter la texture
 - Joindre parties parfaitement entre chaque étape de dissection
 - Reconstruire chaque étape sans redondance d'information

→ « **Comment créer un « Super-Maillage » à partir d'un ensemble de maillages 3D afin de permettre une reconstruction réaliste et efficace des étapes d'une dissection ?** ».

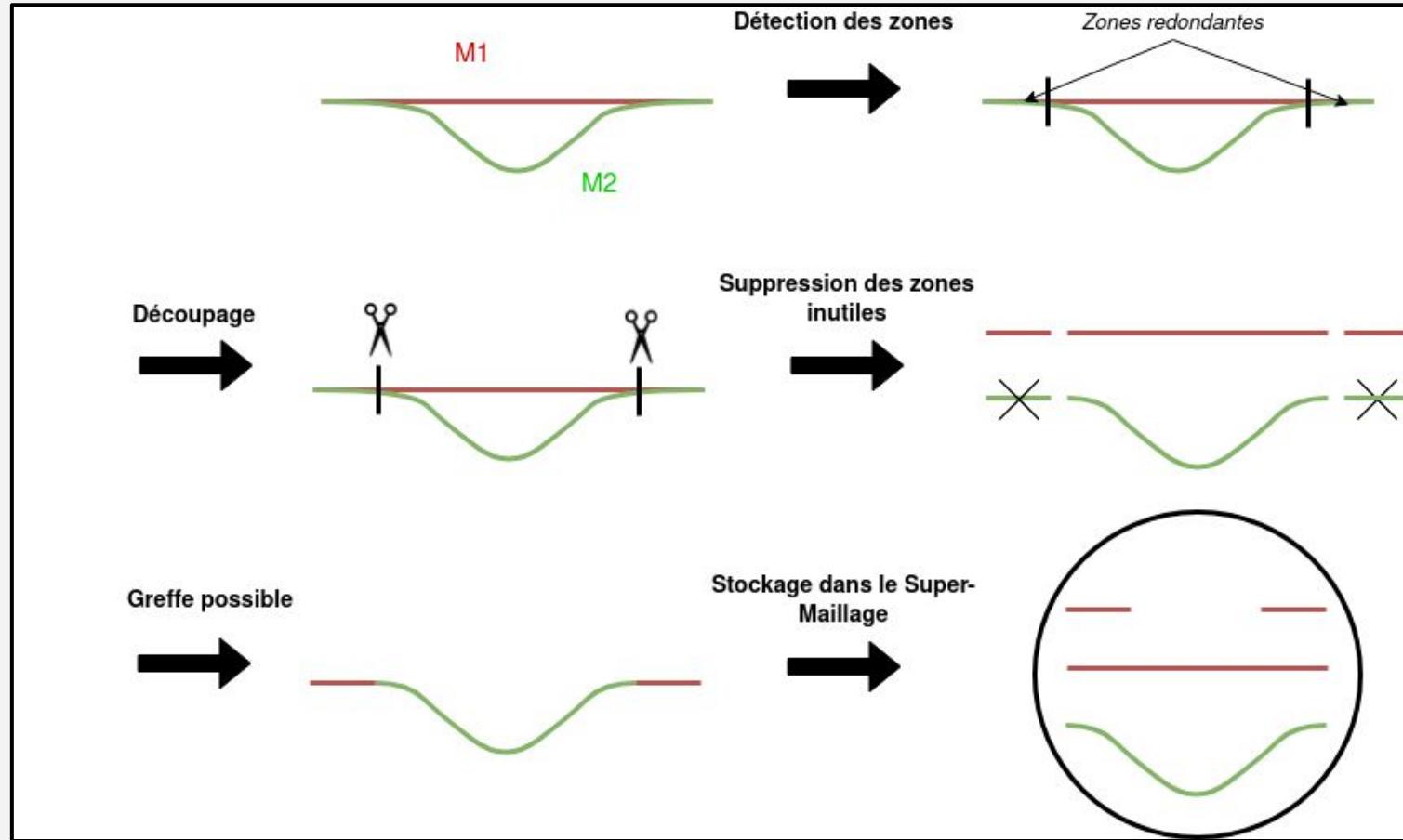
1.1. Analyse du sujet et du problème

Cas idéal :



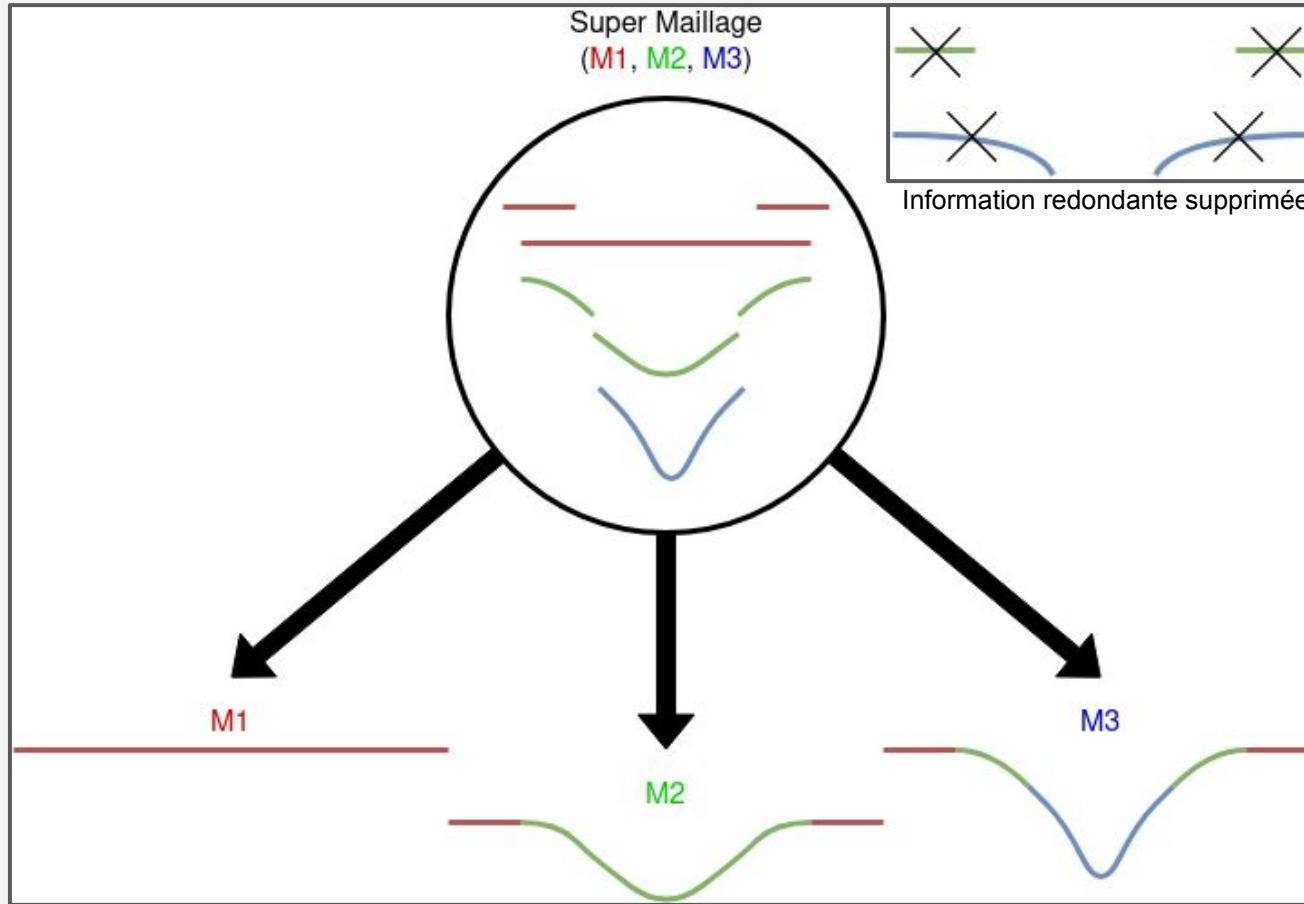
1.1. Analyse du sujet et du problème

Cas idéal :



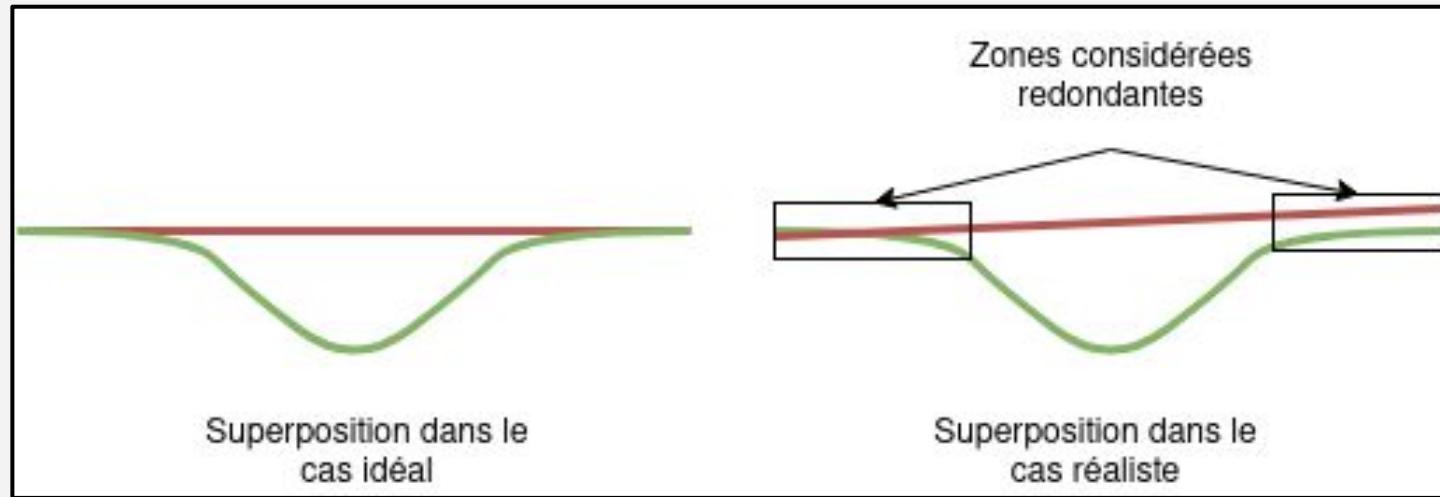
1.1. Analyse du sujet et du problème

Cas idéal :



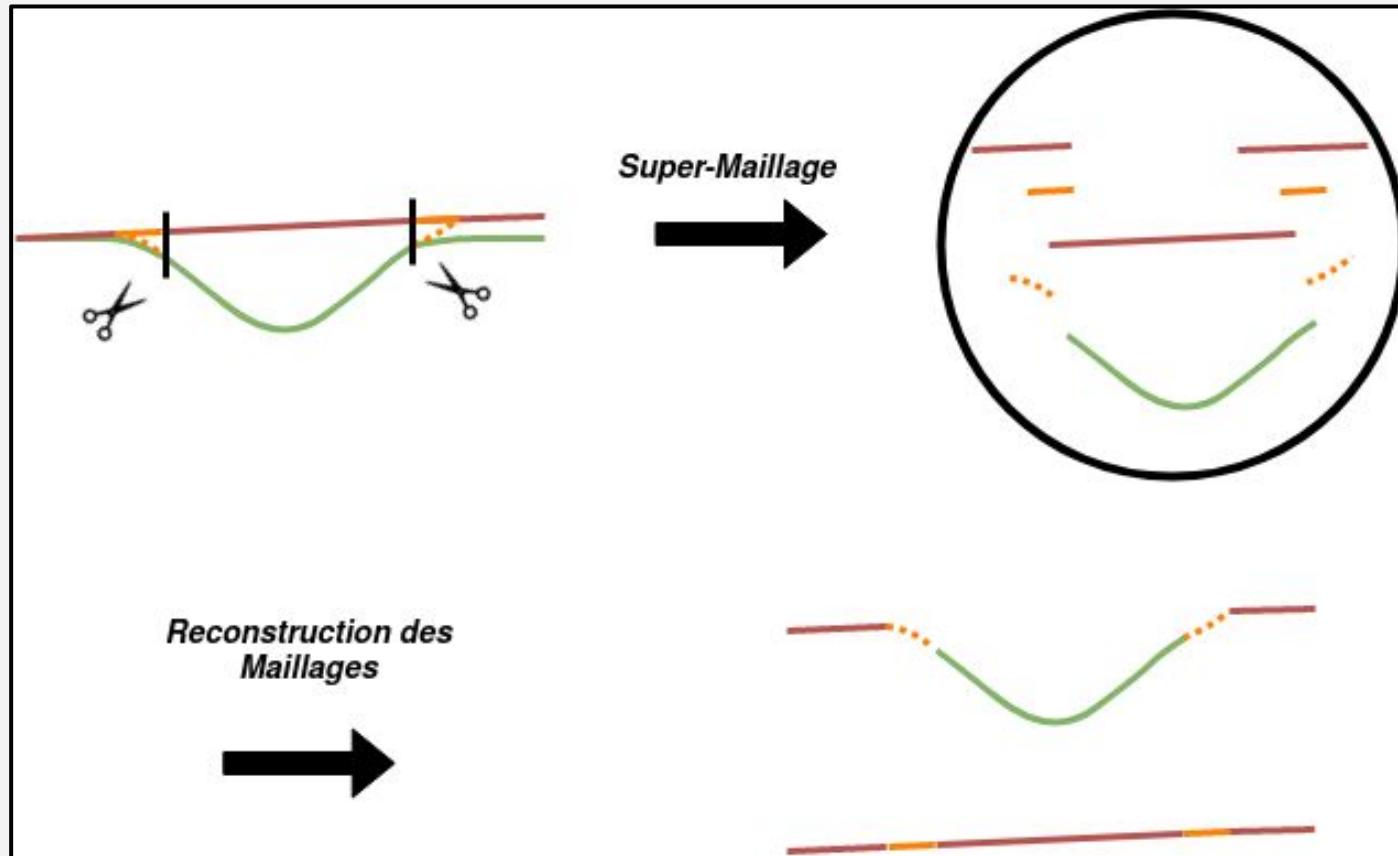
1.1. Analyse du sujet et du problème

Cas réaliste :



1.1. Analyse du sujet et du problème

Cas réaliste :

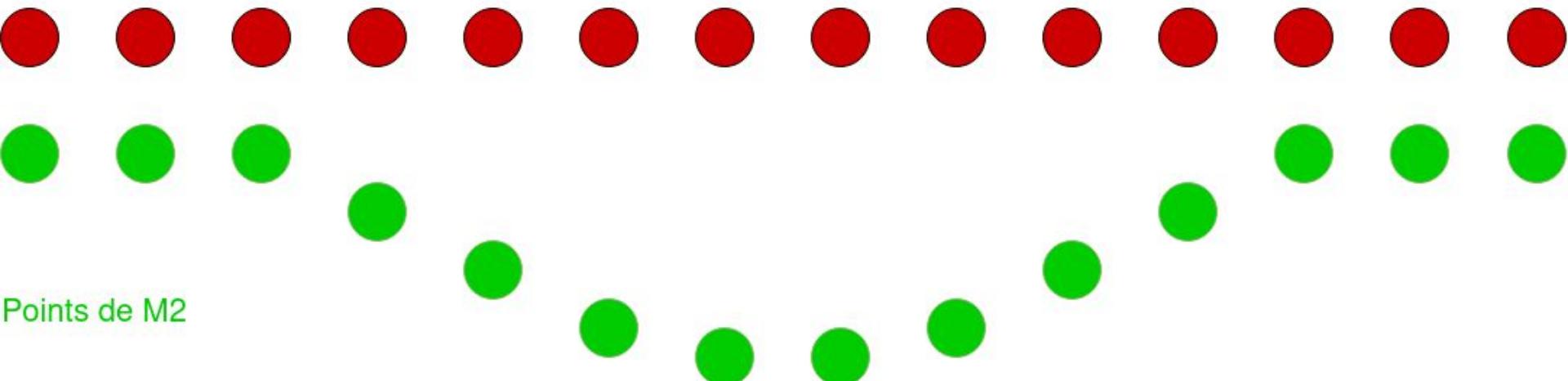


1.2. Recherches des algorithmes adaptés

Méthode de détection :

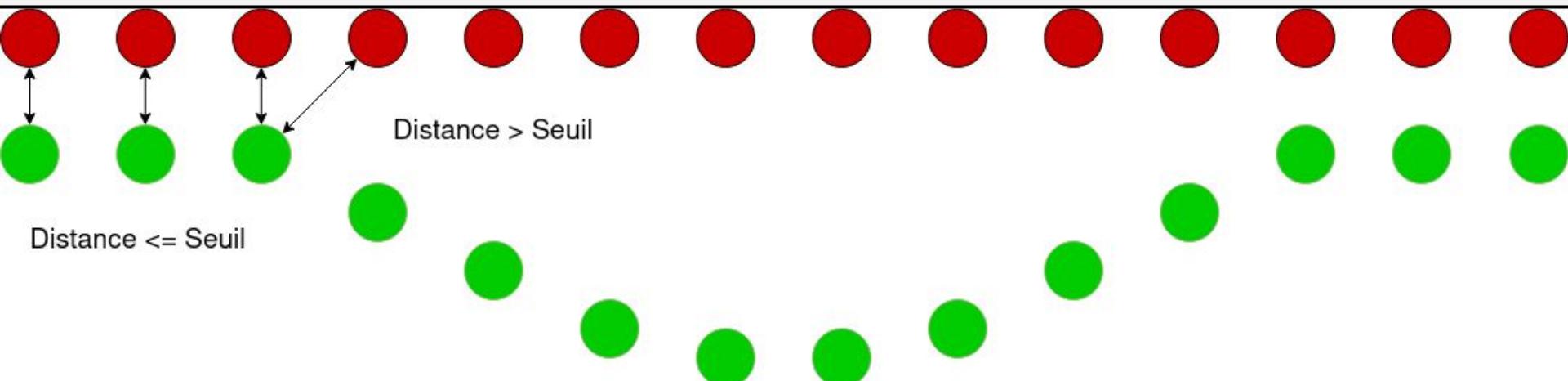
Points de M1

Seuil —



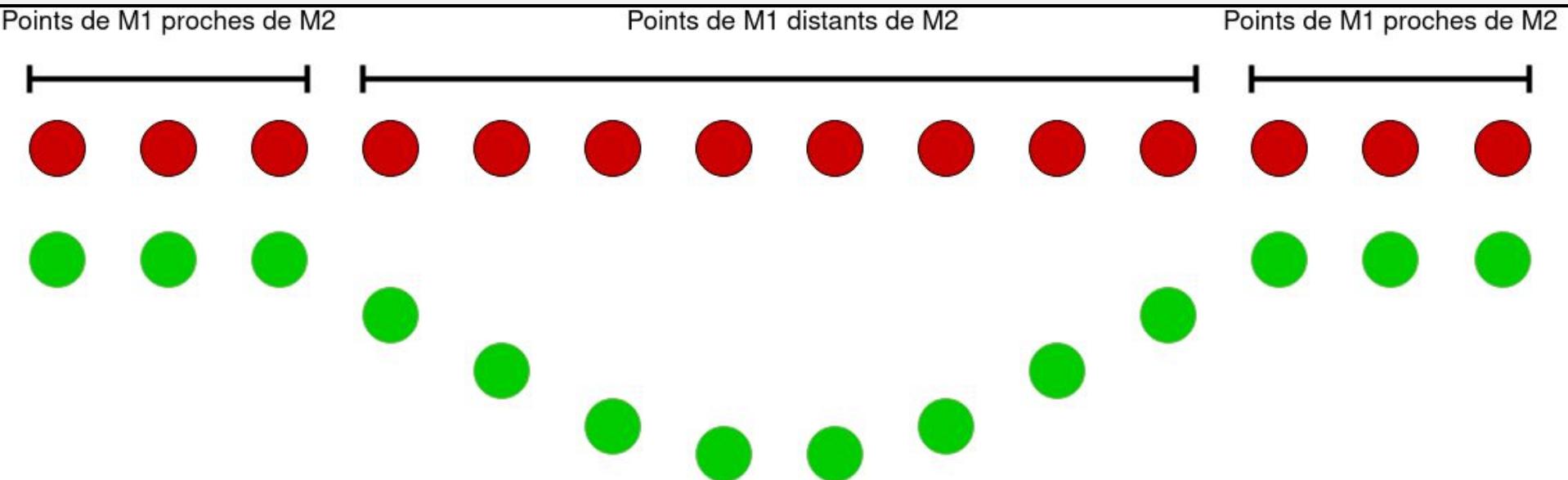
1.2. Recherches des algorithmes adaptés

Méthode de détection :



1.2. Recherches des algorithmes adaptés

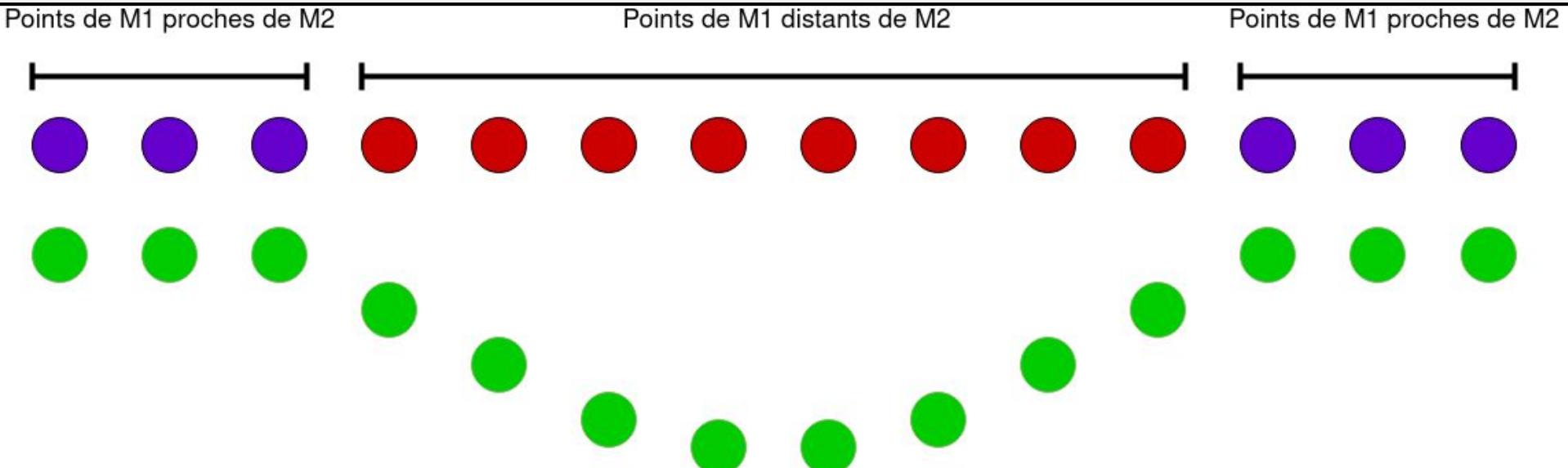
Méthode de détection :



1.2. Recherches des algorithmes adaptés

[2] J. H. Friedman, J. L. Bentley, and R. A. Finkel. An algorithm for finding best matches in logarithmic expected time. ACM Trans. Math. Softw., 3:209–226, 1977.

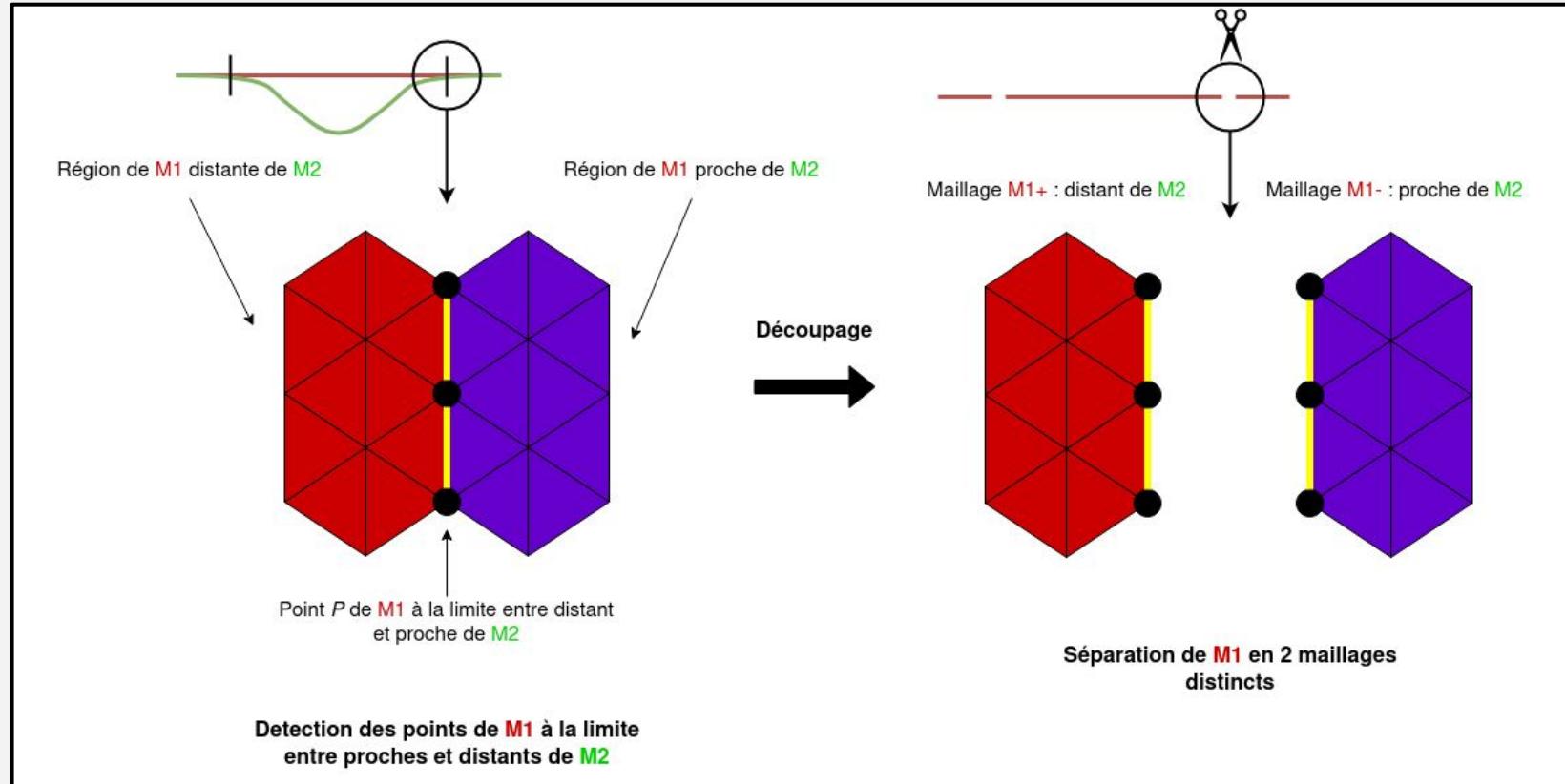
Méthode de détection :



- Beaucoup de points : utilisation d'un **kd-tree** [2] pour accélérer les calculs.

1.2. Recherches des algorithmes adaptés

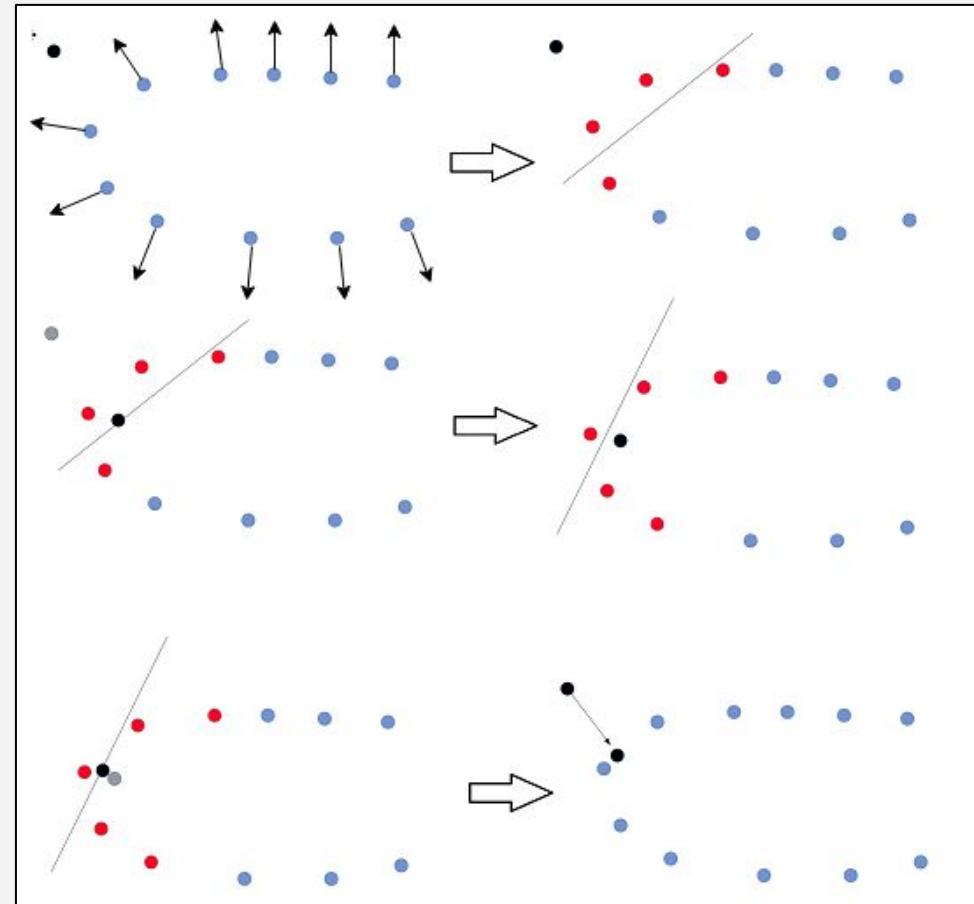
Méthode de découpage :



1.2. Recherches des algorithmes adaptés

Méthode de greffe : Géométrie

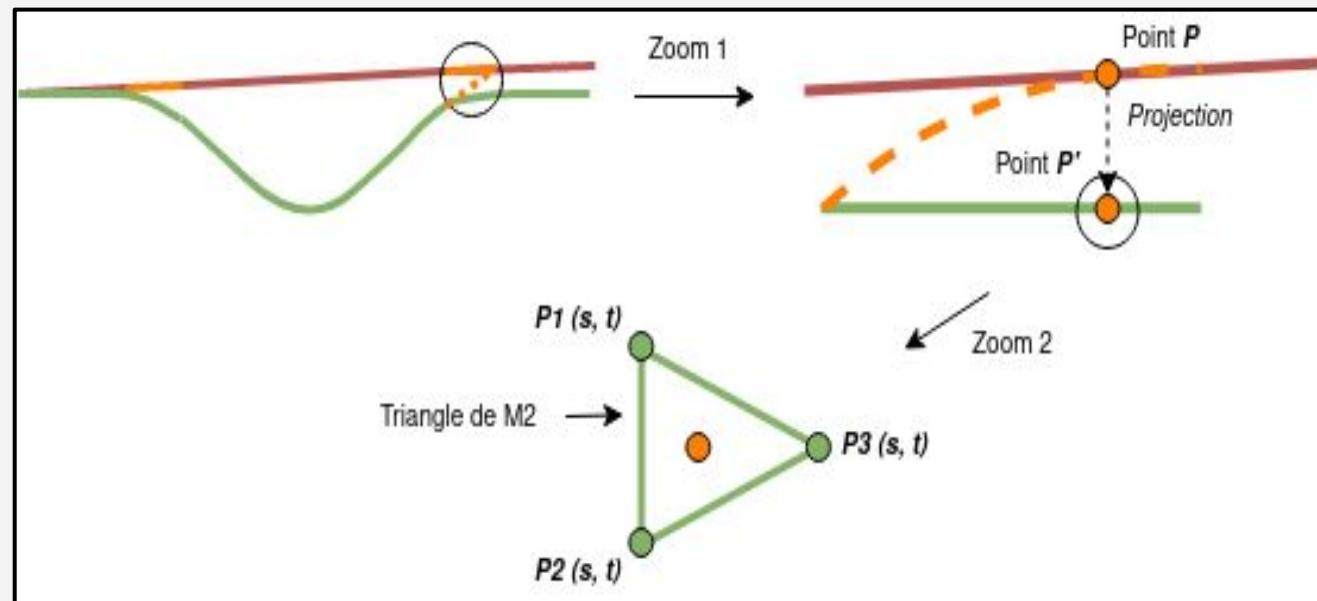
→ **Projection MLS [3]**



1.2. Recherches des algorithmes adaptés

Méthode de greffe : Texture

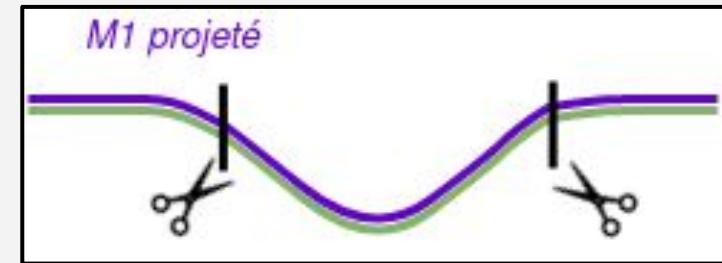
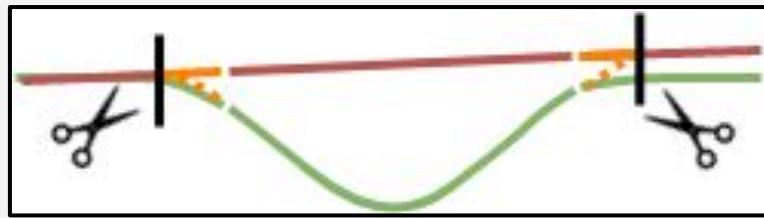
→ Projection MLS [3]



1.2. Recherches des algorithmes adaptés

Méthode de greffe :

→ Projection MLS : problème



2.1. Sélection et mise en place des technologies

- [4] <https://www.cgal.org/>
- [5] <http://assimp.org/>
- [6] <https://www.qt.io/>
- [7] <http://libqglviewer.com/>

- Appuie sur plusieurs librairies → implémentation **algorithmes + viewer 3D**

Fonctionnalités	Bibliothèques
Structures de Maillage	CGAL [4]
Parsing de fichiers OBJ	ASSIMP [5]
Fenêtrage et interface	Qt [6]
Caméra et scène 3D	LibQGLViewer [7]

Démonstration

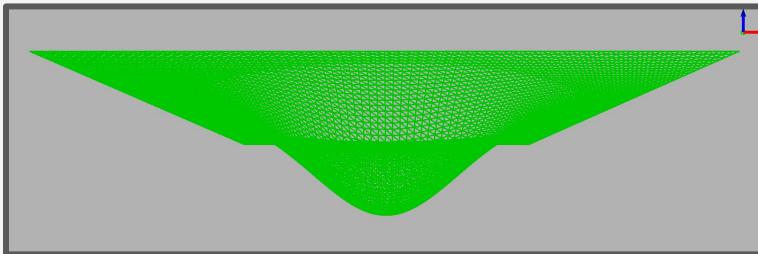
2.2. Implémentation et expérimentations

Maillages idéaux :

M1

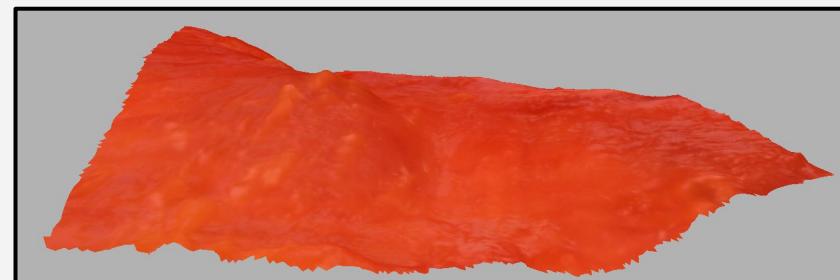


M2

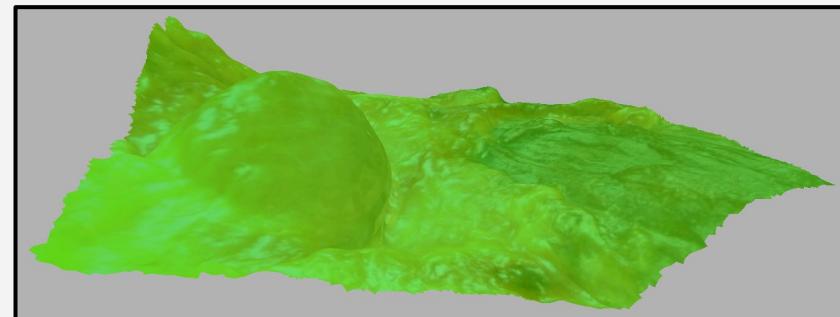


Maillages réalistes :

M1

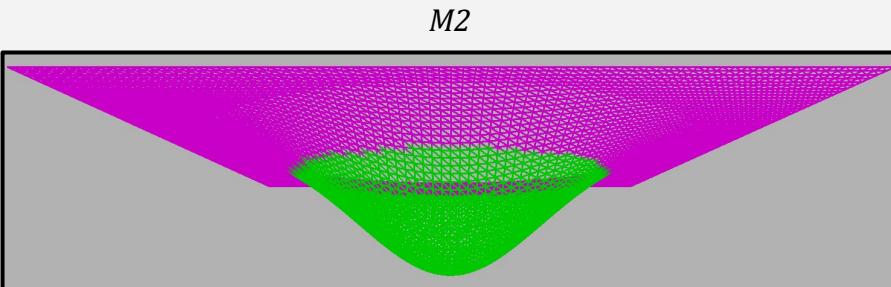


M2

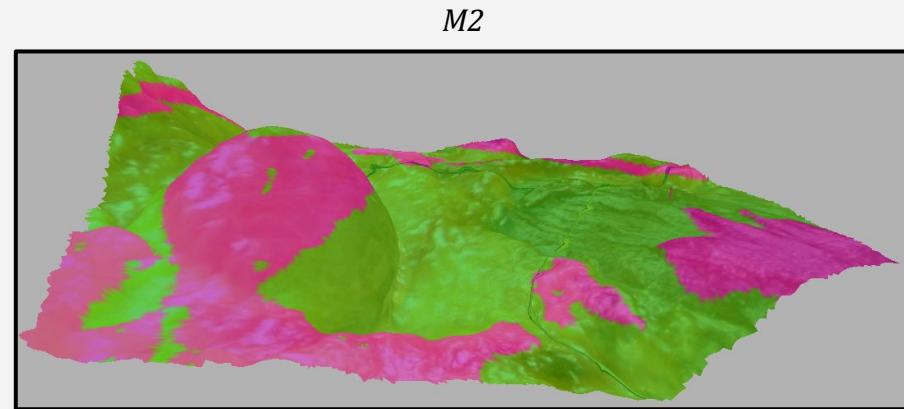


2.2. Implémentation et expérimentations

Méthode de détection : zones de M2 proches de M1 (en violet)



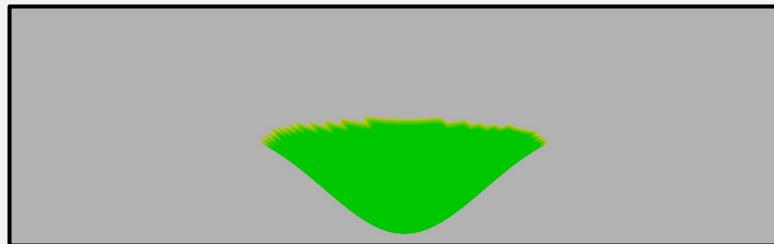
Seuil de distance 0,1 (idéal)



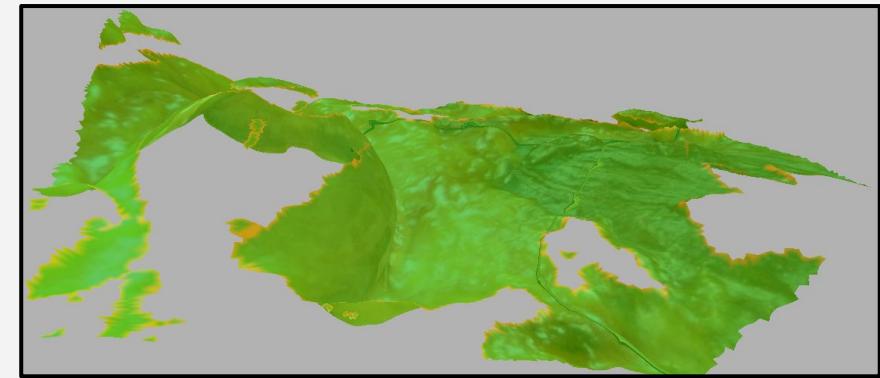
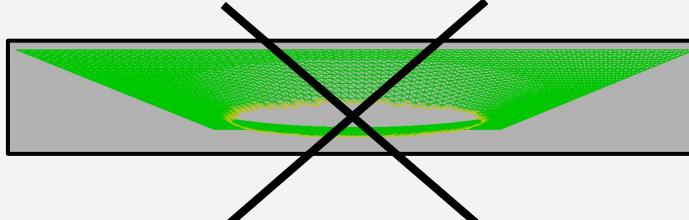
Seuil de distance 1 (réaliste)

2.2. Implémentation et expérimentations

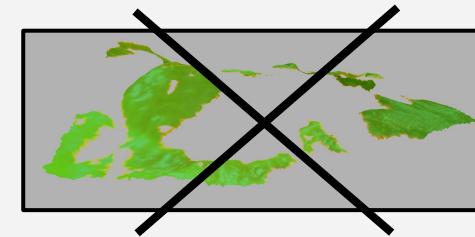
Méthode de découpe : sous-maillage de M2 sélectionné (arêtes dupliqués en jaune)



découpe distance > 0,1 (idéal)



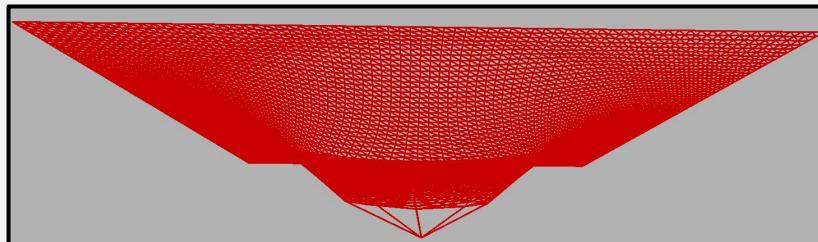
découpe distance > 1 (réaliste)



2. DÉVELOPPEMENT ET EXPÉRIMENTATIONS

2.2. Implémentation et expérimentations

Méthode de greffe : Projection de M1 sur M2

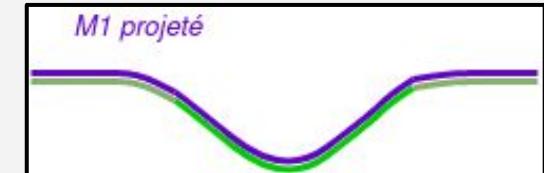


Projection maillages (idéal)



Projection maillages (réaliste)

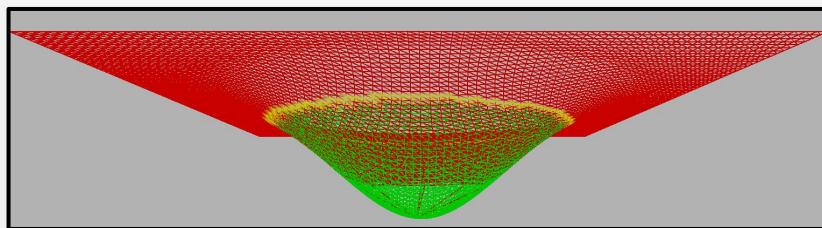
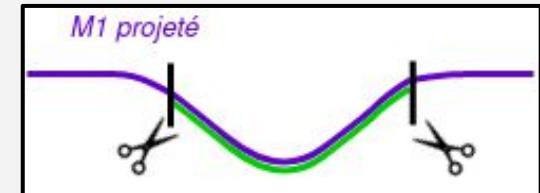
M1 projeté



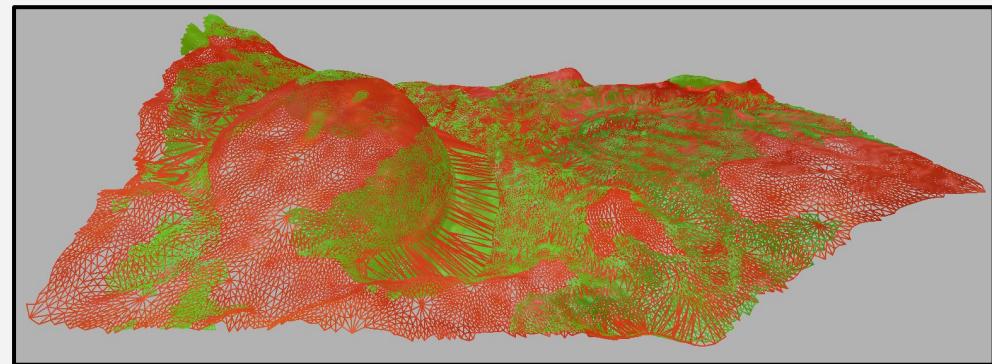
2. DÉVELOPPEMENT ET EXPÉRIMENTATIONS

2.2. Implémentation et expérimentations

Méthode de greffe : Découpe de M1 en sous-maillage



Découpe après projection de M1 (idéal)



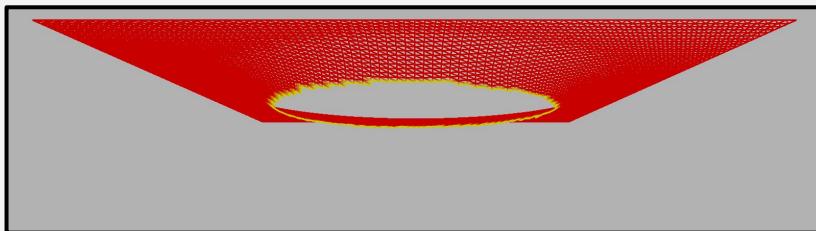
Découpe après projection de M1 (réaliste)

2.2. Implémentation et expérimentations

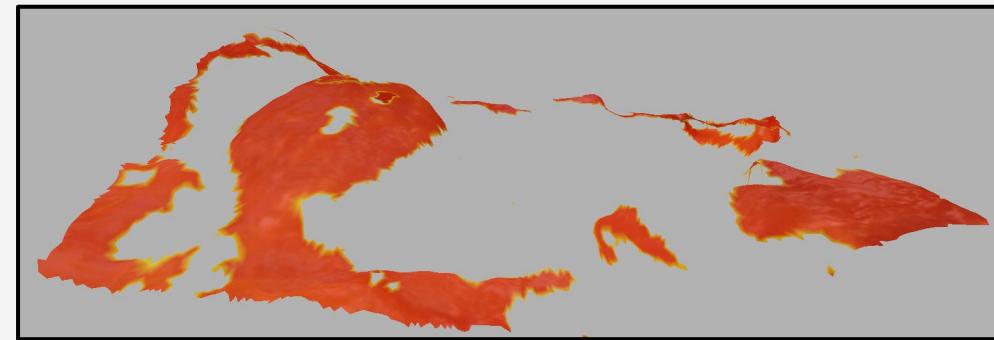
M1 projeté



Méthode de greffe : Sélection d'un sous-maillage de M1



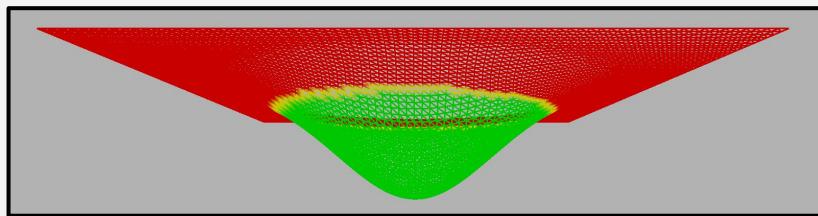
Sélection après projection de M1 (idéal)



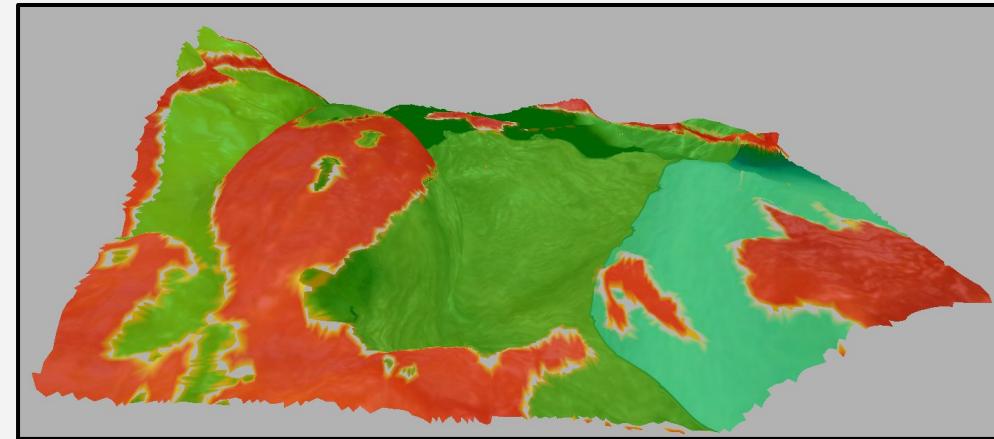
Sélection après projection de M1 (réaliste)

2.2. Implémentation et expérimentations

Méthode de greffe : Reconstruction de M2 à partir d'un découpage de M1 et M2

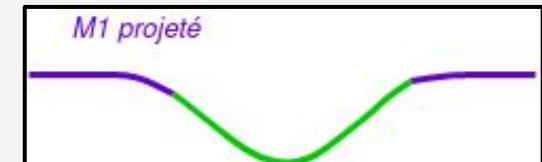


découpe distance > 0,1 (idéal)



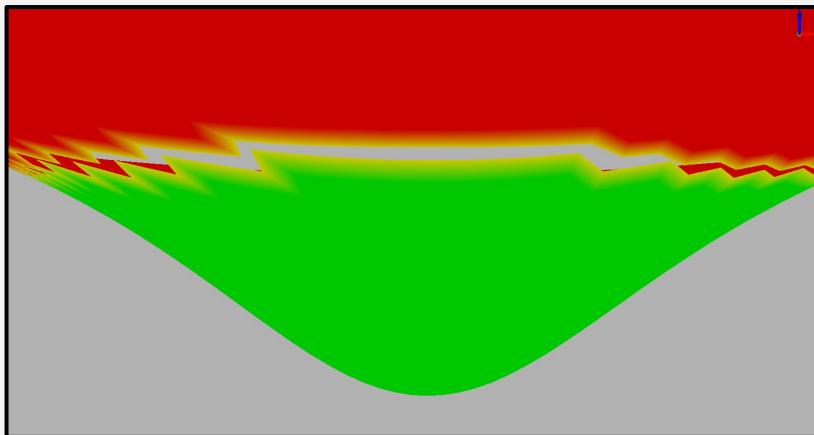
découpe distance > 1 (réaliste)

M1 projeté

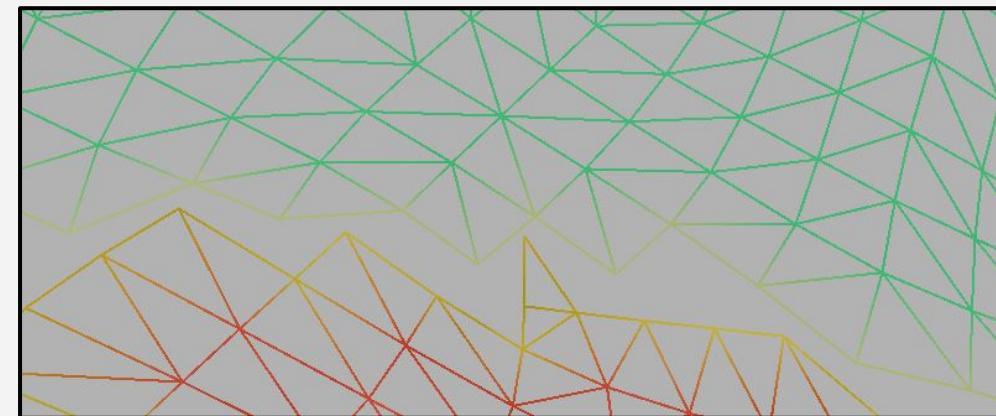


2.2. Implémentation et expérimentations

Méthode de greffe : M1 et M2 approché au triangle près



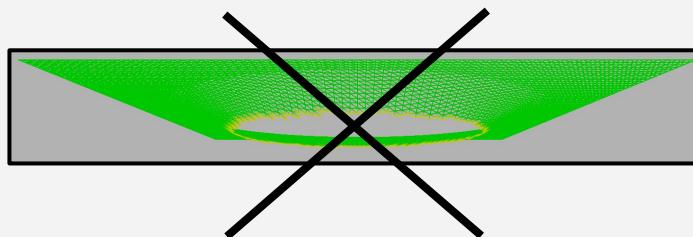
Zoom sur les limites entre M1 et M2 (idéal)



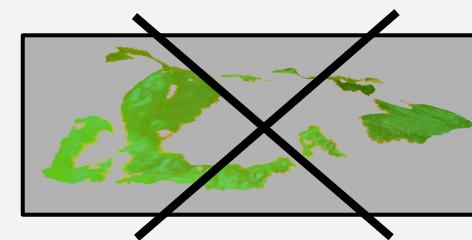
Zoom sur les limites entre M1 et M2 (réaliste)

2.2. Implémentation et expérimentations

Bilan :



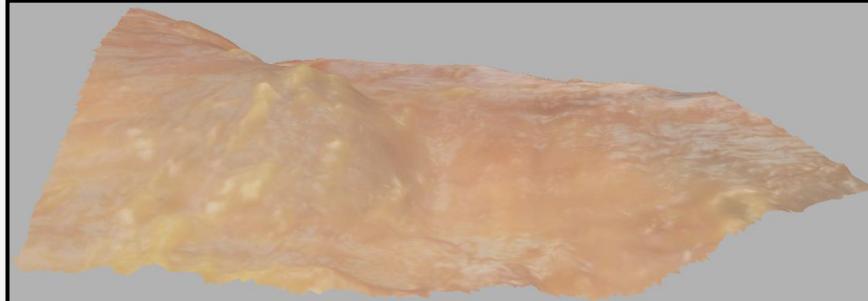
*Nombre de points enlevés (seuil 0.1) : 3380 / 5329
Gain : ~63%*



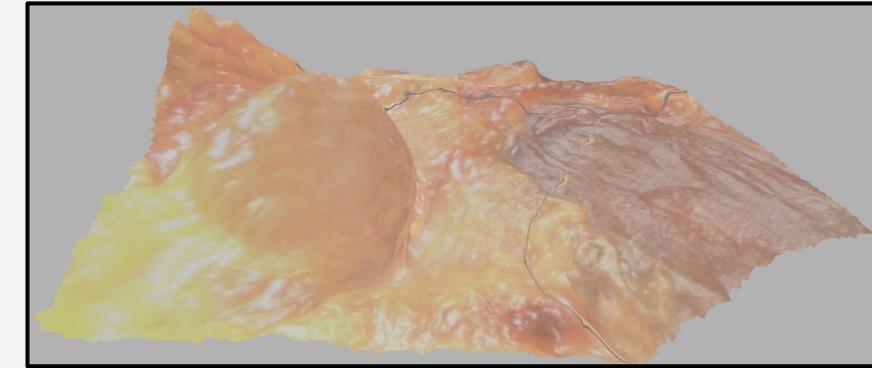
*Nombre de points enlevés (seuil 1) : 11129 / 47398
Gain : ~23%*

3. RÉSULTATS

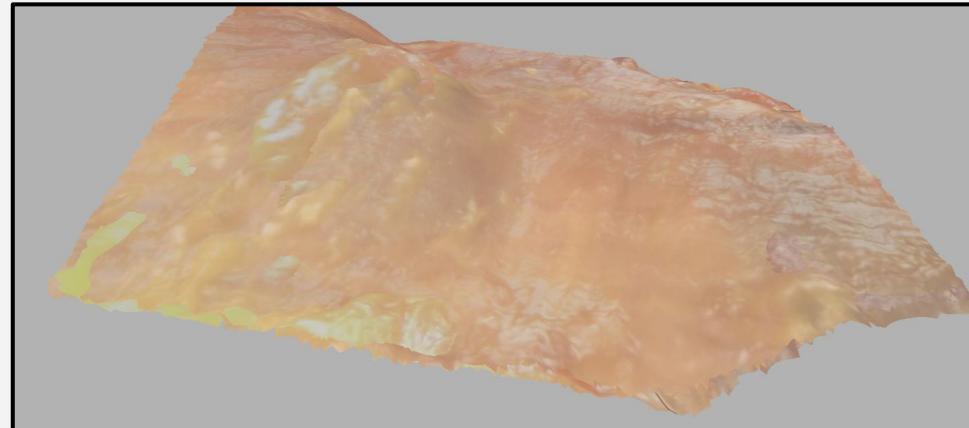
3.1. Résultats visuels actuels



M1



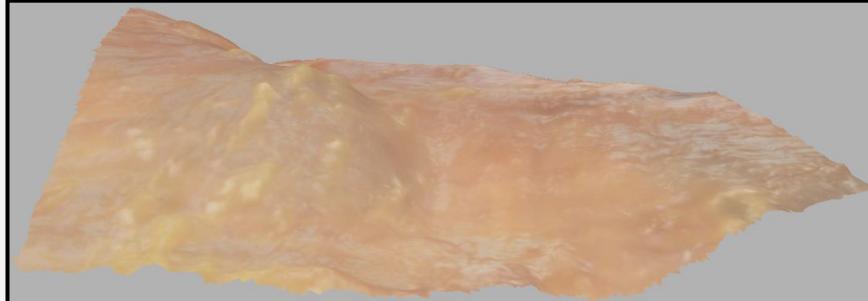
M2 (*sans traitement*)



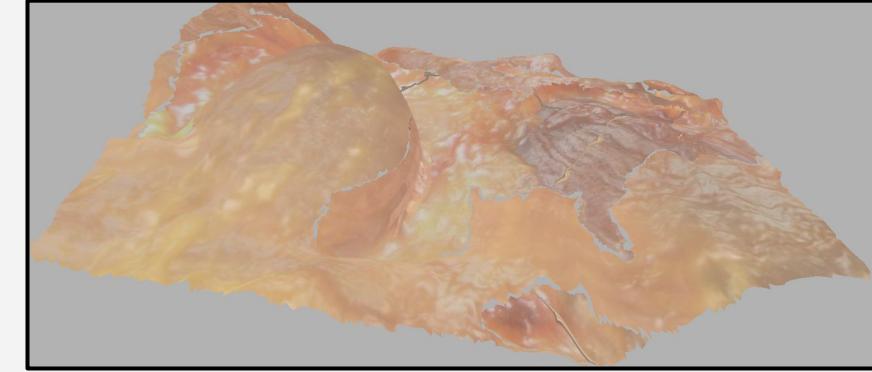
*Superposition de M1 et M2 (*sans traitement*)*

3. RÉSULTATS

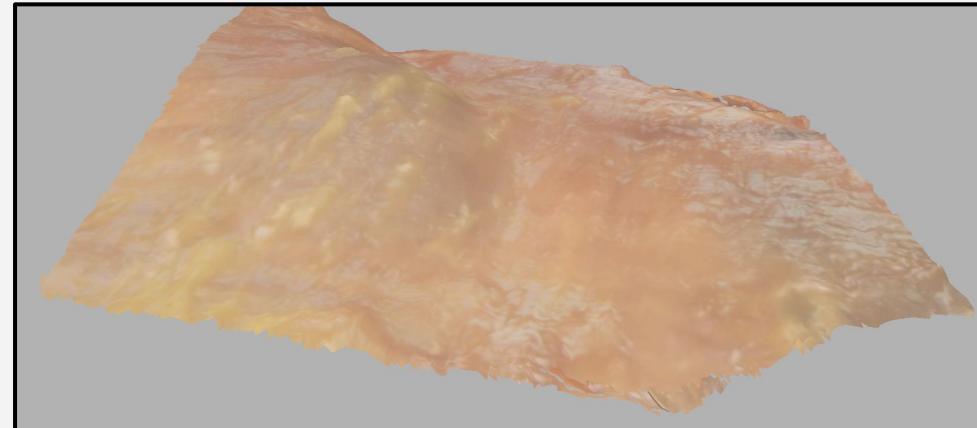
3.1. Résultats visuels actuels



M1



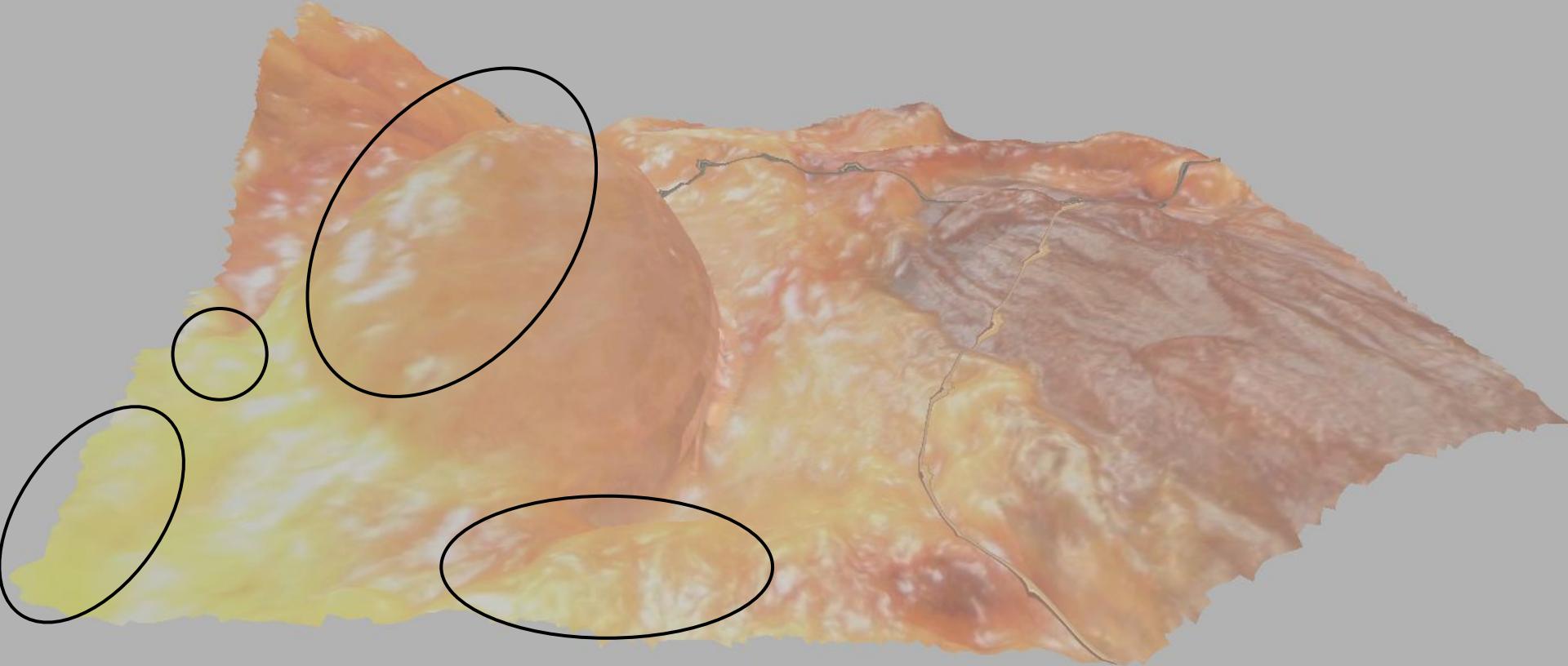
M2 (reconstitué)



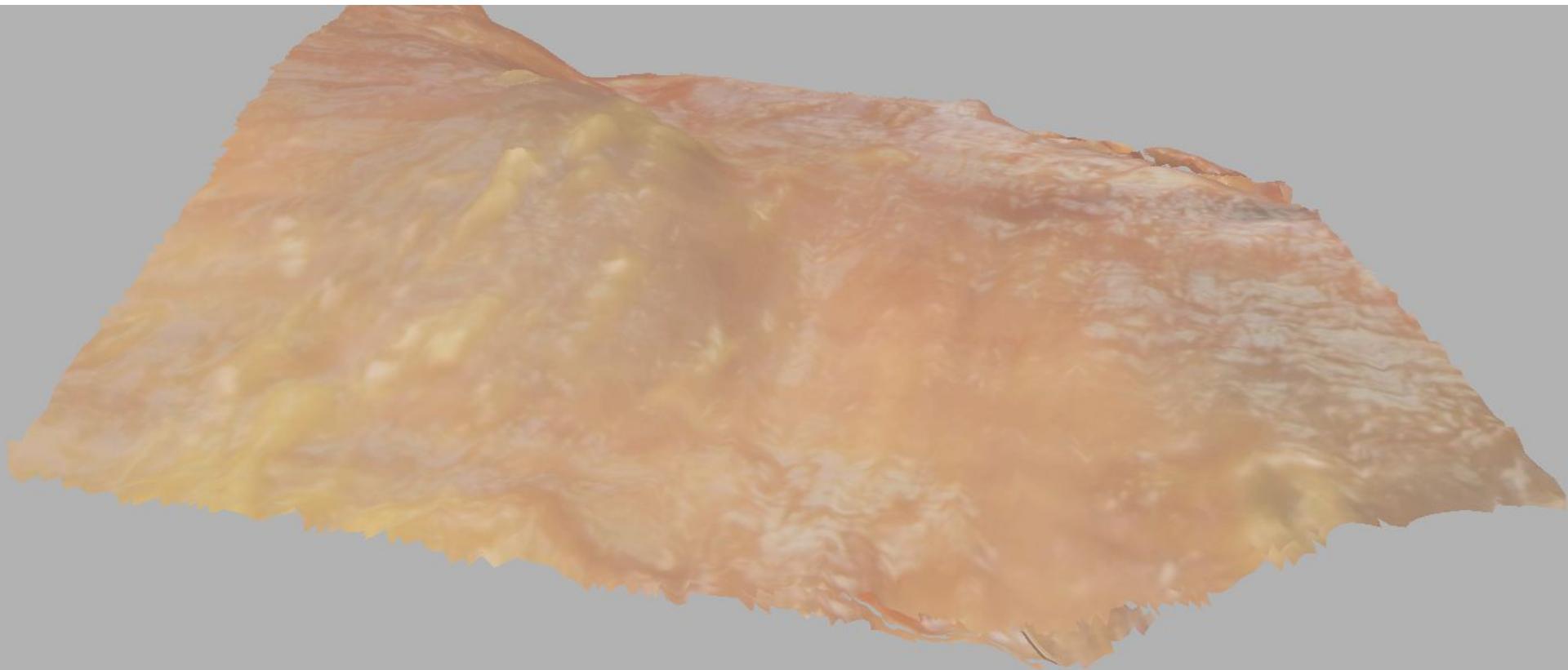
Superposition de M1 et M2 (reconstitué)



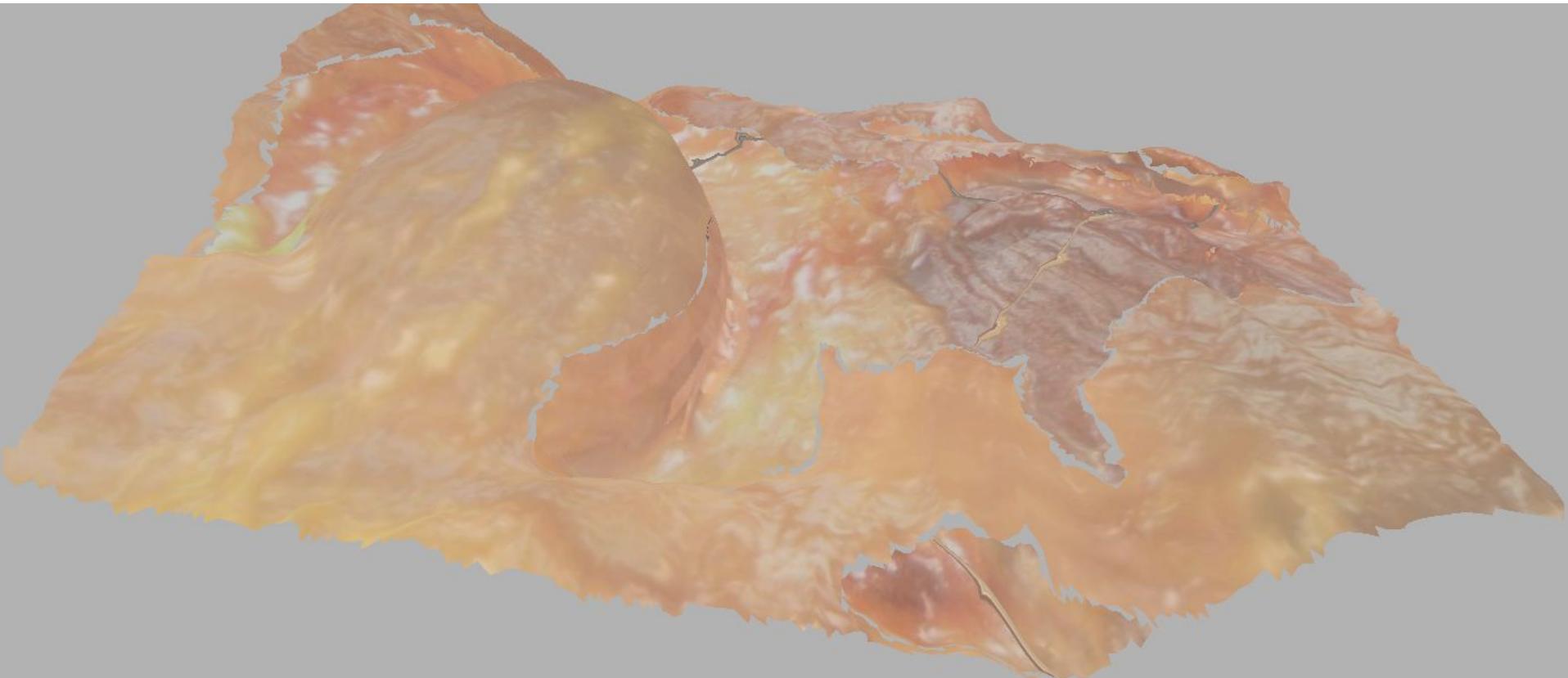
Superposition de M1 et M2



M2



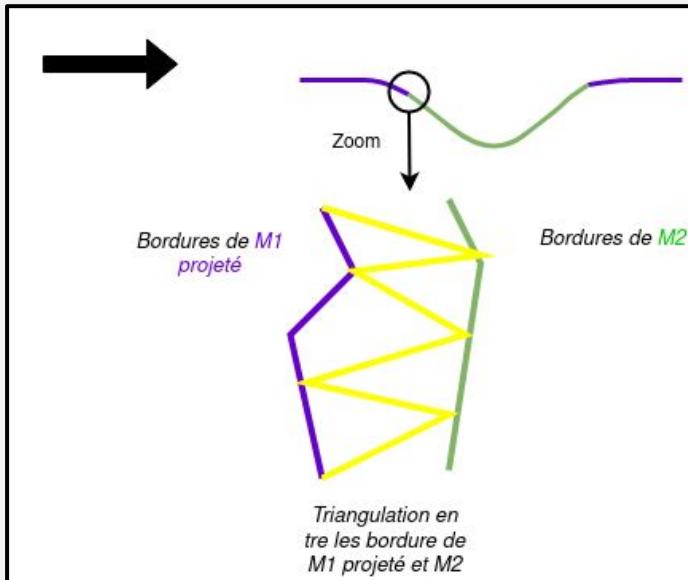
Superposition de M1 et M2 reconstruit



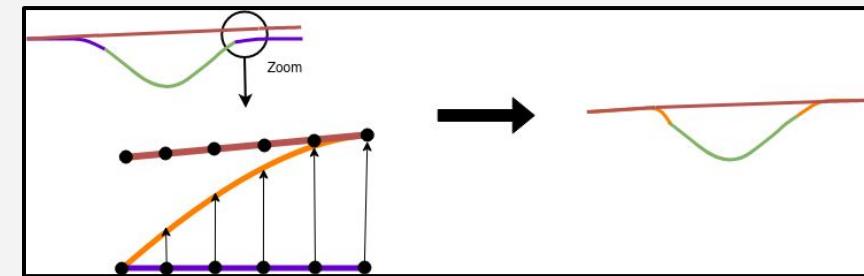
M2 reconstruit partiellement

3.2. Travail jusqu'à la fin du mois

- Triangulation pour combler le triangle d'écart



- Lier M2 à M1 : Re-projection pondérée

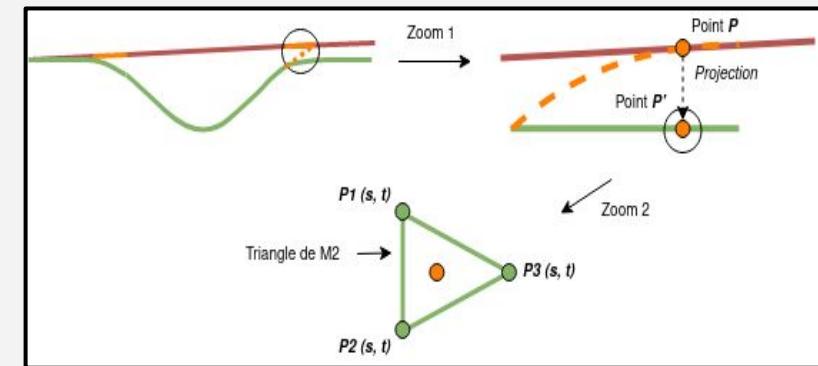


3.2. Travail jusqu'à la fin du mois

- Suppression des zones trop petites (*region growing*)



- Texture : régions de transition + détection



Conclusion

- Reconstruction actuelle encourageante
- Finaliser la création de liaison texturée
- Série de N maillages avec la difficulté de propager les découpes.
- Base pour faire simulation réaliste et efficace
- Apports professionnels : outils, c++, imagerie 3D
- Apports personnels : autonomie, organisation



Merci pour votre attention !