

# Rapport Initiation Recherche

Détection et caractérisation géométrique des branches dans un billon d'épicéa

# Table des matières

Introduction.....	3
I. Une première modélisation 3D.....	4
1) Mise en place de la modélisation .....	4
2) Transformations morphologiques .....	5
3) Transformée en distance .....	6
4) Les fonctionnalités ajoutées .....	7
a) La soustraction .....	7
b) Clipping Plan .....	8
c) Image originale .....	8
II. Les limites de la représentation.....	9
1) À la découverte des branches .....	9
2) Le dilemme de l'exactitude .....	9
III. Une nouvelle modélisation.....	11
1) Introduction des composantes connexes .....	11
2) La nouvelle modélisation des images .....	11
3) L'adaptation des fonctionnalités .....	12
Conclusion.....	13

# Introduction

---

Le sujet de ce projet a été proposé à l'équipe ADAGIO par l'INRA de Champenoux. Ces derniers ont fait l'acquisition d'un scanner médical qu'ils ont adapté aux épicéas. Ils souhaiteraient pouvoir estimer la qualité du bois des épicéas avant leur découpe.

L'objectif du sujet proposé est donc la détection des branches verticillaires (qui forment des bouquets depuis le centre du tronc) à partir des images obtenues par le scanner. En effet, certaines de ces branches avortent avant de sortir du tronc et ne sont donc pas visibles à l'œil. L'analyse des scans doit permettre de récolter le maximum d'informations sur ces branches, par exemple leur nombre, la taille de chacune, leur diamètre en différents points, leur inclinaison...

Le bénéfice de cette analyse serait double :

- Pouvoir anticiper la qualité du bois, grâce notamment au nombre de branches verticillaires, et classer les billons avant découpe
- Détecter les meilleurs endroits de coupe, en relation directe avec la position des bouquets de branches.

Mme Debled-Rennesson a pris en charge ce projet, avec l'aide de M. Kerautret.

Ils nous ont exposé les différentes phases du projet :

- Tout d'abord, faire notre propre reconstitution 3D du billon d'épicéa, à partir des scans fournis par l'INRA
- Ensuite, permettre la transformée en distance de l'image 3D obtenue, avec l'algorithme de SAITO et TORIWAKI.

Nous verrons plus tard que ces deux étapes n'auront pas été suffisantes, même si elles nous ont permis d'estimer l'avancement de notre travail.

Nous avons conçu un logiciel, que nous avons baptisé V3D. Nous avons décidé d'utiliser OpenGL pour le réaliser, avec langage C++ et la bibliothèque Qt. En effet, il se trouve qu'il existe une bibliothèque en C++ basée sur Qt qui simplifie la création de vue 3D en OpenGL : libQGLViewer. Cette librairie a l'avantage de gérer toute seule la caméra, et elle propose également des fonctionnalités intéressantes comme le Clipping Plane que nous verrons plus tard.

Nous avons également utilisé la librairie Armadillo pour la gestion des matrices, librairie qui offre l'avantage par rapport à ses concurrentes d'être légère, rapide et vraiment simple d'emploi. Elle nous a permis de réaliser facilement de nombreuses opérations sur les matrices, comme nous allons le voir tout de suite.

# I. Une première modélisation 3D

---

## I) Mise en place de la modélisation

La première étape de la reconstitution 3D a consisté à réussir à lire les scans.

Pour cela, M. Kerautret, qui avait déjà analysé les fichiers bruts, nous a transmis plusieurs fichiers au format `pgm3D`, format créé par le LORIA qui étend le format `pgm` à la 3D. Il comporte en début de fichiers les informations concernant les dimensions de l'image, ainsi que l'intensité maximale. Cette dernière permet de déterminer le nombre de bits pour coder un pixel. La suite du fichier contient la liste des pixels les uns à la suite des autres, tranche par tranche, chaque tranche vue ligne par ligne.

Les fichiers sur lesquels nous nous sommes basés représentent la même section du billon, de 1 mètre de long (sur les 5 mètres d'origine), mais dans des résolutions de 64, 128, 256 et 512 pixels.

En parallèle, il a fallu définir une modélisation pour les images 3D. Pour cela, nous les avons représentées tout simplement par des matrices en 3 dimensions, grâce à la bibliothèque Armadillo. Lors de la lecture des fichiers, les informations recueillies permettent d'instancier cette image et de remplir cette image.

Ensuite, nous avons réalisé la visualisation de l'image grâce à OpenGL et la bibliothèque `libQGLViewer`. La représentation se fait avec la technique des Display Lists, ce qui augmente la fluidité de l'affichage. Du côté OpenGL, l'image est donc représentée par un tableau de tous les points de l'image d'intensité non nulle.



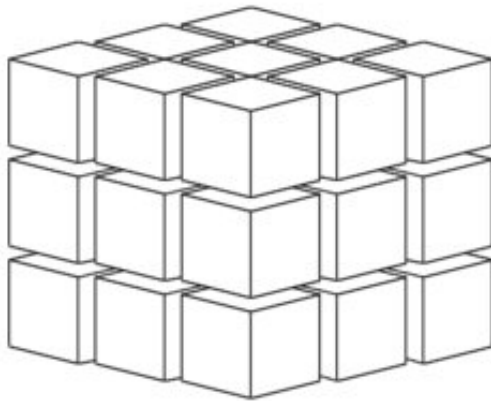
*Affichage « nuage de points »*



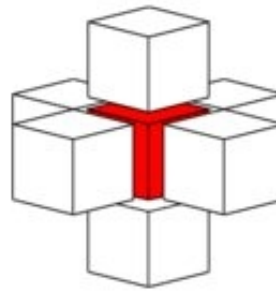
*Affichage « voxels »*

## 2) Transformations morphologiques

La visualisation a permis de mettre à jour un premier problème : les branches verticales sont creuses.



connexité 26



connexité 6

L'élément en rouge est le voxels lu lors de l'opération

C'est un réel problème dans le sens où nous avons pour objectif d'effectuer une transformée en distance et pour que celle-ci soit valable, il faut que nos volumes soient pleins. Avec ces branches creuses, nous ne mesurerons pas le diamètre total de la branche, mais l'épaisseur du cylindre finalement représenté. Pour pallier ce souci, M. KERAUTRET nous a proposé d'utiliser des opérations morphologiques. Nous avons donc implémenté la fermeture pour remplir ces branches creuses et l'ouverture pour effacer les artefacts présents dans la reconstitution 3D.

Ces deux opérations morphologiques sont en réalité une composition de deux opérations plus simples : la dilatation et l'érosion.

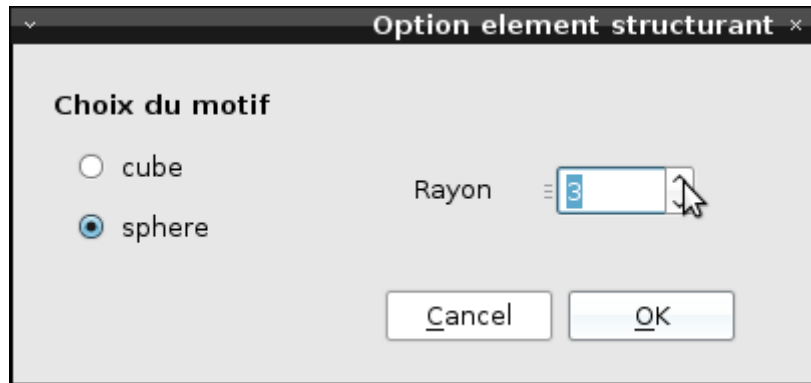
La dilatation : Pour effectuer une dilatation, on parcourt l'ensemble de notre matrice-image avec un élément structurant (une petite matrice). Lorsque le centre de notre élément se retrouve sur un point d'intensité non nulle, on donne cette intensité de tous les points de l'image couverts par l'élément.

L'érosion : Pour l'érosion le parcours est semblable, mais cette fois, à chaque fois que le centre coïncide avec un point d'intensité nulle, tous les points de l'image couverts par l'élément prennent une intensité nulle.

Une fermeture revient à enchaîner une dilatation et une érosion, et l'inverse pour une ouverture.

Lors de l'implémentation des opérations, il a fallu faire le choix de l'élément structurant. La difficulté consistait à trouver un opérateur morphologique donnant le meilleur rapport calcul/précision. Nous avons finalement opté pour un cube de connexité 26. La raison de ce choix est qu'une plus faible connexité permet de gagner du temps de calcul, mais diminue la précision des résultats.

Par la suite, nous avons rendu l'élément modifiable par une interface graphique. Il est possible de choisir entre un élément cubique ou sphérique, et de modifier le rayon de l'élément.



*Configuration de l'élément structurant*

Les opérations morphologiques implémentées, nous avons pu procéder aux tests et chercher les successions d'opérations qui permettaient de remplir au mieux les branches. Avec une fermeture, le remplissage des branches n'était pas complet. Pour accélérer les tests, nous avons ajouté le paramétrage du nombre de dilatation et d'érosion : il est maintenant déterminé par l'utilisateur.

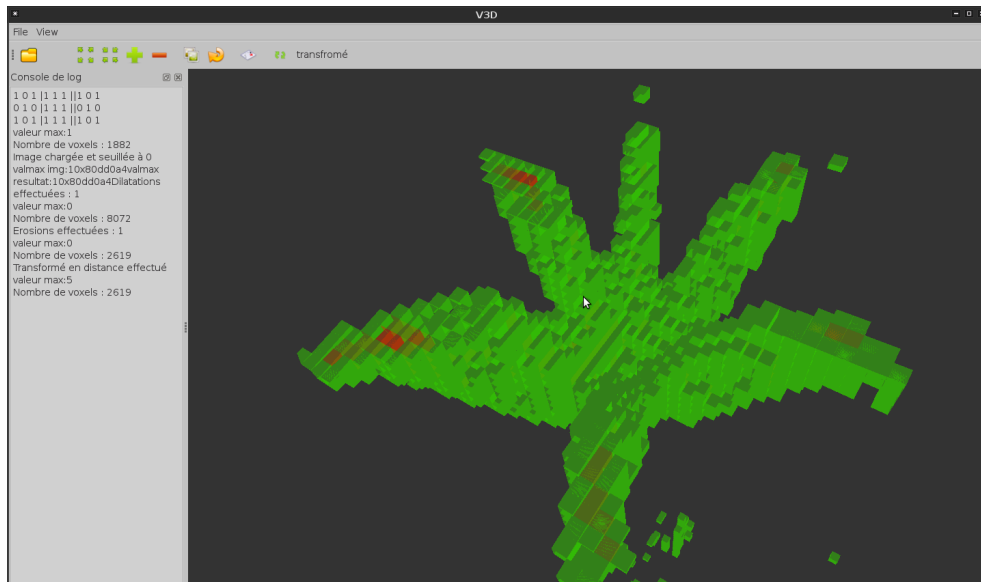
Au final, le nombre d'opérations reste à l'appréciation de l'utilisateur, car nous ne sommes pas en mesure de certifier qu'une branche est correctement remplie. Ce nombre dépend d'un grand nombre de facteurs : résolution de l'image, diamètre des branches, volume à remplir...

### 3) Transformée en distance

---

L'un des points clés de ce projet est la réalisation de la transformée en distance. La transformée en distance d'une image permet, à partir d'une image binaire, de calculer les dimensions d'un objet. Pour cela plus un voxel (le pixel de la 3D) sera éloigné du bord de la forme qu'il compose, plus sa valeur sera grande. Une fois la transformée réalisée, il est très facile d'extraire de nombreuses informations de la nouvelle matrice. On peut par exemple extraire un squelette ou encore déterminer le diamètre d'une forme.

Pour effectuer la transformée en distance, nos deux encadrants ont choisi l'algorithme de SAITO et TORIWAKI. Il réalise la transformée en distance d'une image d'un nombre quelconque de dimensions. L'article en question explique comment ils sont passés d'un algorithme classique à un algorithme de plus en plus optimisé avec 4 algorithmes intermédiaires.



Pour nous donner une idée du résultat, nous avons mis en place la version la plus simple. Les résultats étaient corrects, mais le temps de calcul bien trop long, de l'ordre de 2 minutes pour une matrice de  $128 \times 128 \times 512$ . Les résultats étant corrects, nous sommes passés à une autre version de l'algorithme, dite « Fast ». Le gain de temps fut conséquent : pour la même matrice, le résultat était quasi-instantané, de l'ordre de 2-3 secondes.

Pour visualiser cette transformée, nous avons ajouté un système de coloration. Les points se situant à la périphérie des objets sont verts alors qu'un dégradé vers le rouge indique un rapprochement du centre de l'objet.

#### 4) Les fonctionnalités ajoutées

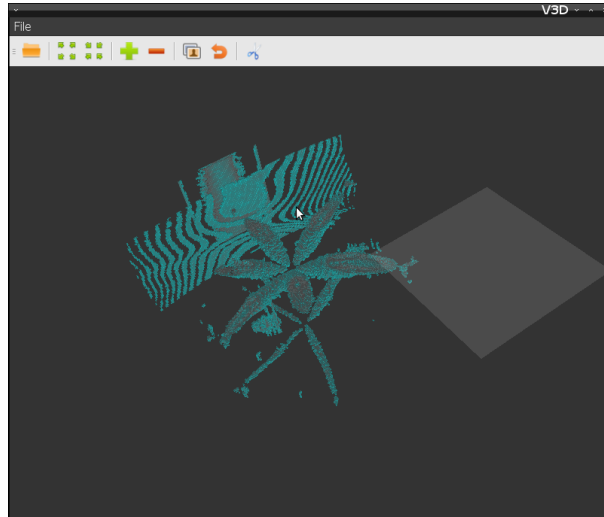
---

##### a) La soustraction

Afin de corriger le souci des branches creuses, nous avons ajouté l'opération de soustraction. Celle-ci nous permet, en théorie, de ne garder que le centre de la branche.

## b) Clipping Plan

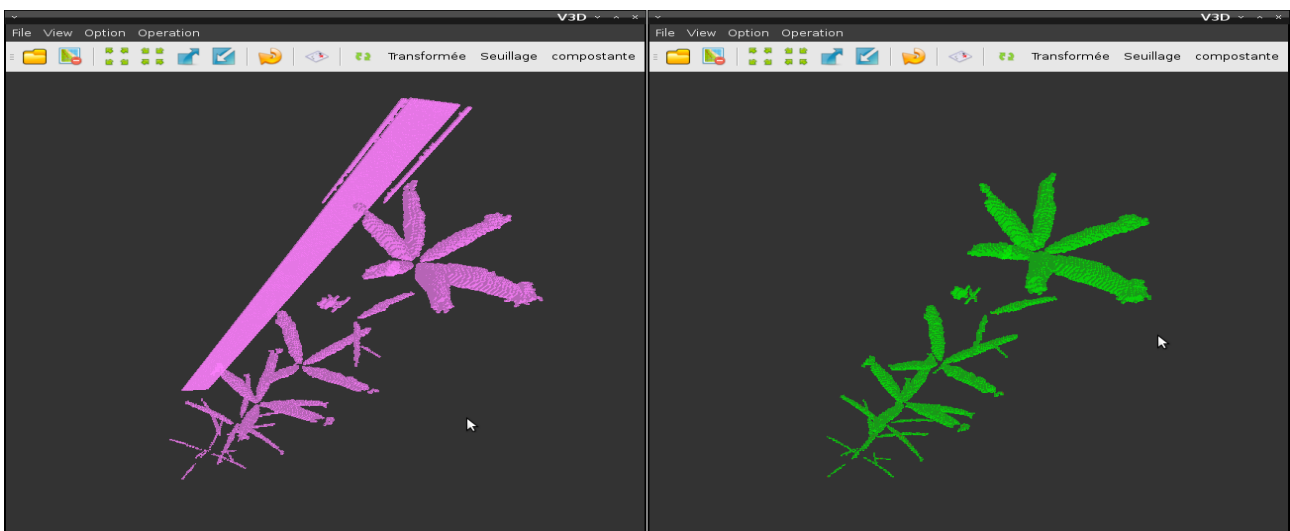
Le remplissage des branches vides et la transformée en distance ont nécessité de visualiser l'intérieur des branches. Nous avons donc ajouté la possibilité d'utiliser un clipping plan, permettant de visualiser les sections des branches. Pour la transformée en distance, un dégradé de rouge à vert ajoute de la clarté et permet de percevoir le centre de la branche.



*Aperçu avec le clipping*

## c) Image originale

Une autre fonctionnalité est l'ajout de la vision du modèle original. Elle permet de comparer l'image originale et celle ayant subi les opérations morphologiques. On peut visualiser les changements que l'image a subis après diverses opérations. C'est ce qui nous a permis de nous rendre compte que les artefacts se situant près de la branche influencent sur les opérations morphologiques, en fusionnant avec les branches lors des dilations.



*Image originale*

*Image modifiée*



## II. Les limites de la représentation

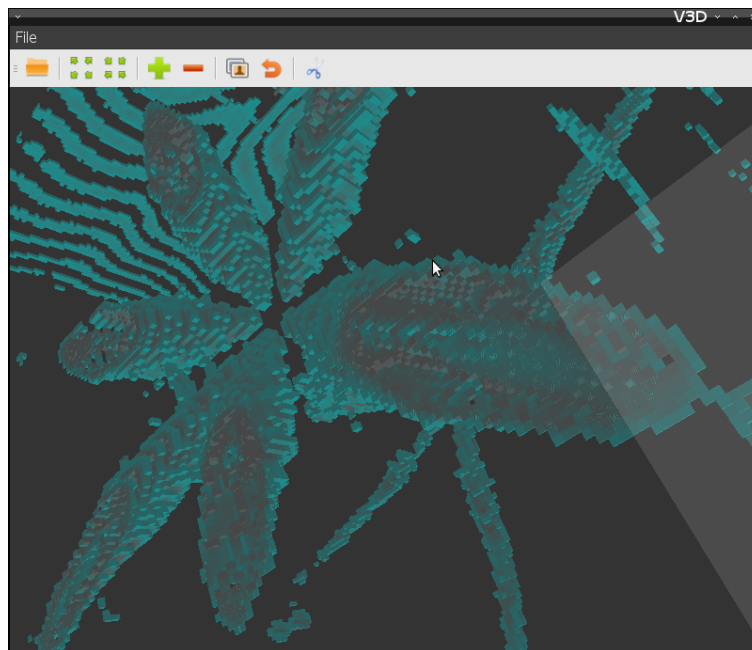
---

### I) À la découverte des branches

---

Les branches étaient à la base un mystère. De premier abord, nous pensions trouver des branches comme tout le monde se les représente : pleines. Malheureusement, elles ne le sont pas. Ce fut une évidence une fois le clipping mis en place, elles sont creuses. La transformée en distance, but initial du projet, ne peut pas fonctionner si les branches sont creuses. Il y avait donc deux solutions : abandonner la transformée ou remplir les branches. La première étant une nécessité, nous avons dû combler les branches. Elles le furent sans trop de difficultés grâce aux opérations morphologiques.

Cependant, nous n'avions toujours pas une vision juste des branches. En effet, nous découvrîmes par hasard, en testant les opérations sur une image de plus grande résolution, que les branches n'étaient pas non plus complètement creuses. Elles possèdent une moelle au centre. Cette moelle nous a posé des soucis, car après les opérations morphologiques, Mme DEBLED avait dans l'idée d'effectuer la transformée non pas sur l'image modifiée sur la soustraction de celle-ci avec l'image de base. Et la présence de la moelle créait une nouvelle branche... creuse. La soustraction a donc été abandonnée pour travailler directement sur l'image modifiée.



*Affichage du centre des branches qui ne sont pas complètement creuses*

### 2) Le dilemme de l'exactitude

---

Autant la transformée en distance n'altère en rien la forme des branches, autant les opérations morphologiques peuvent largement déformer l'image. En effet, par définition, ces opérations déforment l'image.

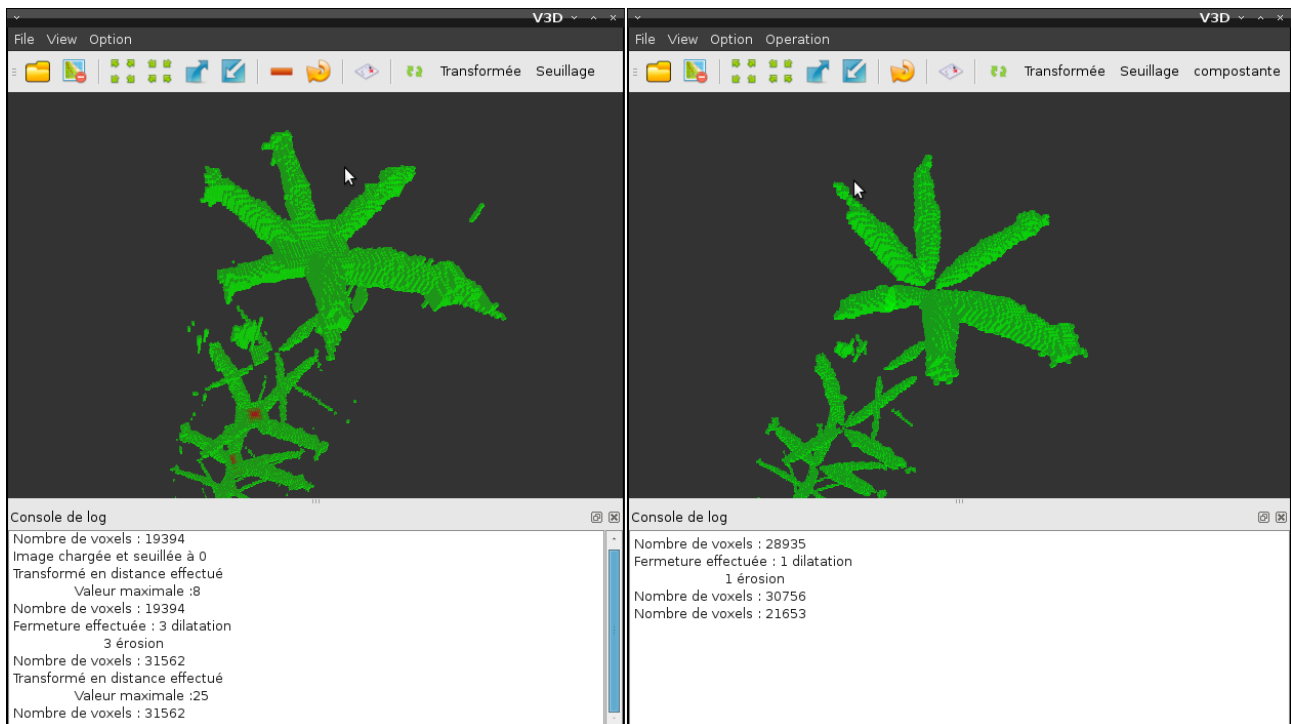
L'impact des transformations n'est donc pas négligeable. En effet, si l'INRA a contacté le

LORIA, c'est pour tenter d'extraire des informations sur les branches internes. Or le fait d'employer des opérations morphologiques empêche d'assurer l'exactitude des informations. Bien entendu, on constate visuellement que l'enchaînement d'un nombre égal d'érosions et de dilations redonne un diamètre similaire aux branches, mais on peut aussi voir que les branches ont tendance à fusionner à leur base, au centre du tronc.

D'où le dilemme : faut-il continuer dans cette voie avec la seule conviction que les erreurs de mesures seront acceptables, où bien faut-il trouver une nouvelle voie ?

Après de longues attentes, nous avons changé de direction, pour un compromis entre les deux solutions : un traitement séparé de chaque composante connexe.

### *Déformation de l'image due aux opérations morphologiques*



*Ancienne modélisation*

*Nouvelle modélisation*

### III. Une nouvelle modélisation

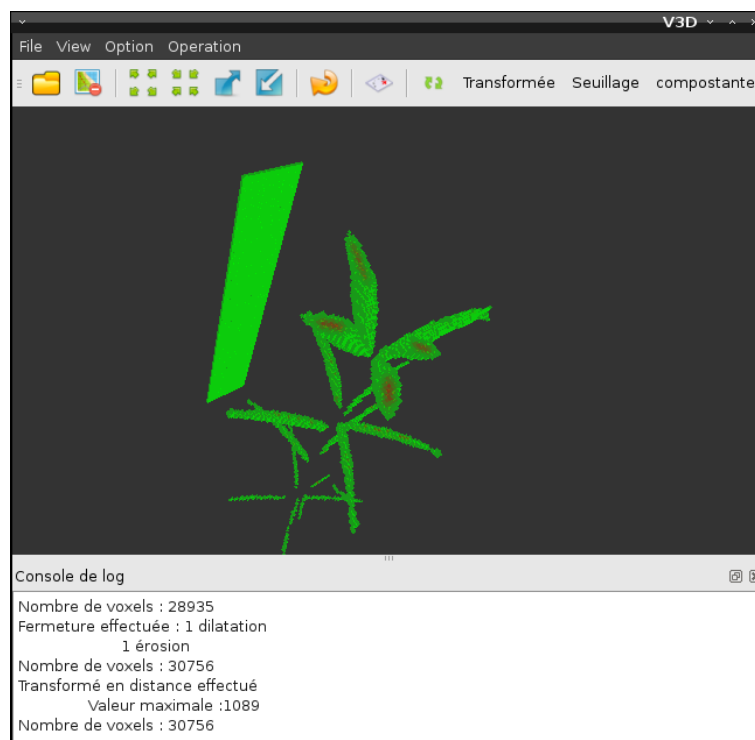
---

#### 1) Introduction des composantes connexes

Pour travailler avec des composantes connexes, encore faut-il réussir à les séparer. Étant à deux semaines de la fin du projet, le temps semblait court pour mettre en place la nouvelle modélisation, implanter le nouvel algorithme et adapter les anciennes fonctionnalités. Heureusement, M. KERAUTRET connaissait une ancienne doctorante qui avait fait sa thèse sur un algorithme d'identification des composantes connexes. On pouvait donc nous fournir un fichier au format pgm3D dont la valeur de chaque point correspond au numéro de la composante connexe qu'il constitue.

#### 2) La nouvelle modélisation des images

La représentation actuelle des images n'était plus adaptée aux composantes connexes. Il fallait une représentation dans laquelle on pouvait accéder et traiter séparément chaque composante connexe. Nous avons donc choisi pour représentation une liste de composantes connexes. Ces dernières ont leur propre modélisation. Ce sont des matrices qui connaissent en plus leur position dans l'image globale.



L'inconvénient de cette représentation est qu'il est plus difficile de connaître la valeur d'un point dans l'image globale. Cependant, cette valeur ne nous est pas nécessaire immédiatement, car les données demandées par l'INRA concernent chaque branche indépendamment. De plus, si par la suite cette valeur devenait nécessaire, elle n'est pas impossible à obtenir, elle nécessite seulement une recherche préalable de la composante connexe contenant ce point.

### 3) L'adaptation des fonctionnalités

---

L'adaptation des anciennes fonctionnalités à la nouvelle représentation s'est très bien passée. Dans la majorité des cas, il a suffi d'appliquer la fonctionnalité à chaque composante au lieu de l'image globale.

Cette nouvelle modélisation a permis d'accélérer significativement les temps de traitement des images. En effet les zones vides, qui représentent au moins 40% de l'espace total, ne sont plus traitées. C'est autant de calculs inutiles évités.

De plus, les effets de bord des opérations morphologiques, notamment des dilatations, ont disparu. En effet il suffit d'agrandir la matrice dans un seul sens puis de modifier les coordonnées de son origine pour la centrer. Le traitement individuel des composantes connexes évite la superposition des voxels lors du traitement empêchant ainsi une fusion non désirée.

## Conclusion

---

Nous avons donc réalisé au final un logiciel qui permet, à partir d'une image `pgm3D` représentée par composante connexe, d'obtenir la carte des distances. Il offre comme étapes intermédiaires la possibilité d'effectuer des opérations morphologiques via un élément structurant paramétrable. Il ajoute la possibilité de couper l'image via un clipping plan (plan de coupure).

La modélisation mise en place laisse entrevoir de nombreuses possibilités. On pourra par exemple masquer ou supprimer des composantes connexes pour éliminer plus facilement les artefacts ou simplement ne visualiser que la branche qui nous intéresse. On pourra si on le souhaite n'effectuer les opérations morphologiques que sur la ou les composantes qui nous intéressent.

L'étape suivante du projet consistera à extraire un squelette à partir de la transformée en distance.

En effet, pour répondre aux attentes de l'INRA, il nous faut obtenir les dimensions et l'orientation des branches verticillaires. La transformée en distance permet déjà d'obtenir le diamètre des branches, et c'est le squelette qui déterminera l'orientation des branches.

Le projet n'est donc pas terminé, mais les bases sont posées... à moins qu'un nouvel élément ne vienne remettre en cause la modélisation.