

Post-traitement des données du CTscan avec Avizo 7.0.0

Patricia Wils - patricia.wils@mnhn.fr
UMS 2700 Outils et Méthodes de la Systématique Intégrative



Table des matières

1	Les données	3
1.1	Les images numériques	3
1.2	Les formats	3
1.3	Les piles de données ou stacks	4
1.4	Les surfaces	4
2	Démarrer avec Avizo	5
2.1	Ouvrir les données	5
2.2	L'environnement Project View	5
2.3	L'environnement Properties	6
3	Visualiser le volume	7
3.1	Améliorer le contraste	7
3.2	La barre d'outils	8
3.3	Visualiser la pile de coupes	9
3.4	Travailler sur une zone d'intérêt	10
3.4.1	Réduire le volume dans une boîte	10
3.4.2	Éditer le volume manuellement	11
3.5	Transformer les données	12
3.5.1	Filtrer les images	12
3.5.2	Réaliser une transformation géométrique	13
3.6	Rendu volumique	14
3.7	Colormap	14
4	Extraire des surfaces	16
4.1	Isosurface	16
4.2	Visualiser les surfaces	17
4.3	Éditer les surfaces	19
4.4	Simplifier les surfaces	20
5	Segmenter les données	21
5.1	Seuillage global	21
5.2	Éditer la segmentation	22
5.3	Créer les surfaces correspondant à la segmentation	26
6	Trucs et astuces pour la segmentation	27
6.1	Restreindre une sélection de l'outil Magic Wand	27
6.1.1	Sur une coupe avec Draw limit line	28
6.1.2	En créant un matériau frontière	28
6.2	Générer la surface correspondant à un matériau en particulier	28
6.3	Réduire le nombre de labels aux matériaux d'intérêt	29

6.4	Opérations arithmétiques et booléennes sur les labels	30
7	Exploiter les résultats	32
7.1	Réaliser des mesures	32
7.2	Exporter des captures d'écran	32
7.3	Créer un film	34
7.3.1	Organiser la séquence de démo	34
7.3.2	Rotation de la caméra	34
7.3.3	Affichage coupe par coupe	35
7.3.4	Transparence progressive	35
7.3.5	Convertir la démo en film	36

1 Les données

1.1 Les images numériques

Une information numérique est codée de façon élémentaire par une valeur 0 ou 1 et stockée dans un bit. La mémoire d'un ordinateur est gérée en regroupant les bits par paquets de 8, formant ainsi des octets.

Une image numérique est composée de pixels (picture element) définis par avec un niveau de gris. Le niveau de gris est une valeur entière comprise entre 0 et 255 si l'image est codée sur **8bits** ($2^8=256$ niveaux) ou entre 0 et 65535 pour un codage sur **16bits** ($2^{16}=65536$ niveaux).

La taille d'une image est déterminée par le nombre de pixels la constituant et la valeur du codage. Par exemple, une image de 16x10 pixels codée en 8bits occupera $16 \times 10 \times 8 = 1280$ bits ou $16 \times 10 = 160$ octets. La même image codée en 16bits occupera $16 \times 10 \times 16 = 2560$ bits ou $16 \times 10 \times 2 = 320$ octets. La figure 1 montre une image de 16x10 pixels.

La **dynamique** de l'image est le nombre de niveaux de gris sur lequel les valeurs s'étendent. Ainsi, une image en 16bits a une dynamique bien plus élevée qu'une image en 8bits. Plus la dynamique est grande, plus il est facile de distinguer les détails de l'image et plus les contours sont nets.

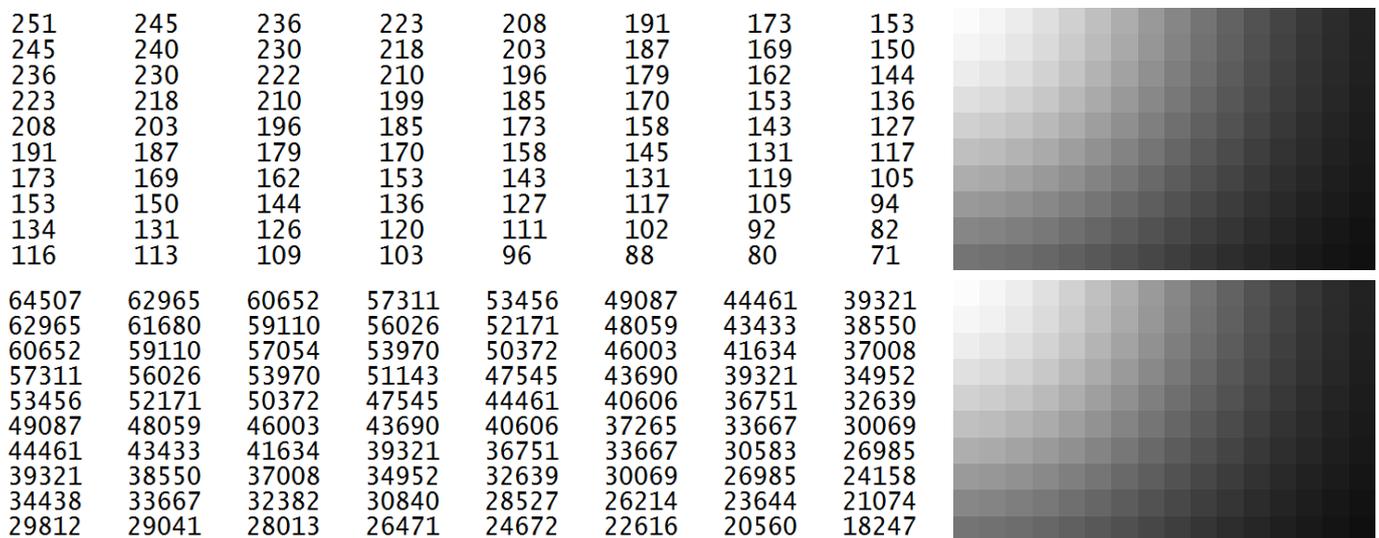


Figure 1: Exemple d'une image codée en 8bits et en 16bits.

1.2 Les formats

Les données numériques composant l'image peuvent être stockées de différentes façons suivant le format du fichier.

- JPEG. Les images sont compressées grâce à un algorithme permettant de supprimer les détails. Les images résultant occupent moins d'espace mémoire. Cependant, la compression entraîne une perte d'informations et ce format ne convient pas à une étude avancée.
- PNG. Les images sont compressés grâce à un algorithme non destructif. La réduction des données sera moindre qu'avec le format JPEG mais les données ne seront pas modifiées. Il convient pour l'échange de données sur Internet ou pour la rédaction de rapports/présentations.
- BMP. Les images sont codées par une matrice encodant chacun des pixels. C'est un format qui contient un maximum d'informations et occupe énormément de mémoire. Il est peu existant en 16bits. Un algorithme de compression permet de travailler avec des images 8bits.
- DICOM. Ce format est utilisé dans le domaine médical. L'en-tête des images stocke des informations liées au scanner et au protocole. Cela s'avère pratique puisqu'il n'est pas nécessaire de conserver ces informations dans un fichier texte séparé.

- TIF. Ce format est particulièrement adapté à une étude quantitative des données car il permet d'accéder au maximum d'informations. Les images sont décrites de façon matricielle et la compression peut être non destructive. La gestion des données par pile (ou stack en anglais) est possible et particulièrement utile dans le traitement de données CT-scan.

1.3 Les piles de données ou stacks

Le scanner exporte une image 3D. Il s'agit d'un ensemble de coupes 2D du volume de l'objet tomographié extraites selon une direction, par exemple selon le plan xy en figure 2. La représentation sous la forme d'une pile (ou stack) d'images est la plus simple pour visualiser et traiter les données. La première image correspond à la coupe horizontale pour $z=0$ et les images suivantes sont les coupes suivantes selon l'axe z.

Le volume est ainsi décrit par une matrice 3D de voxels isométriques. Il est toujours possible de décrire l'objet selon d'autres plans de coupe. Les dimensions du volume exporté sont indiquées dans le fichier texte d'extension .scm ou .scn. Ouvrir le fichier avec un éditeur de texte type Bloc-notes. **L'information est donnée dans la section [Geometry] par VoxelSizeX et VoxelSizeY en mm. La dimension en Z est identique puisque les voxels sont cubiques.**

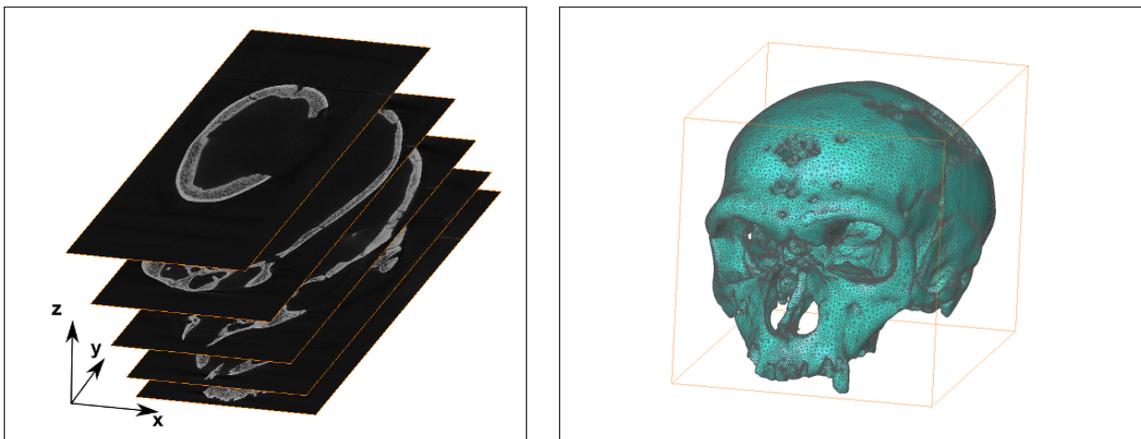


Figure 2: À gauche, description du volume de l'objet par une image 3D : la pile de coupes. Ici, les coupes sont dans le plan xy. À droite, une surface 3D représentant le crâne.

1.4 Les surfaces

Une surface 3D est composée d'un ensemble de points généralement reliés par des triangles, voir figure 2. Le processus de traitement des images consiste à générer et isoler les surfaces 3D correspondant à des structures dans l'image 3D à l'aide d'isosurfaces (voir section 4) ou en segmentant les données (voir section 5).

Le format Avizo est un objet de type .surf. Cependant, il est préférable de sauvegarder les surfaces dans un autre format si l'on souhaite réaliser des traitements avec d'autres logiciels. Meshlab est un logiciel gratuit qui permet de retraiter les surfaces. Le format .stl est le plus courant. De nombreux logiciels de morphométrie utilisent le format .ply.

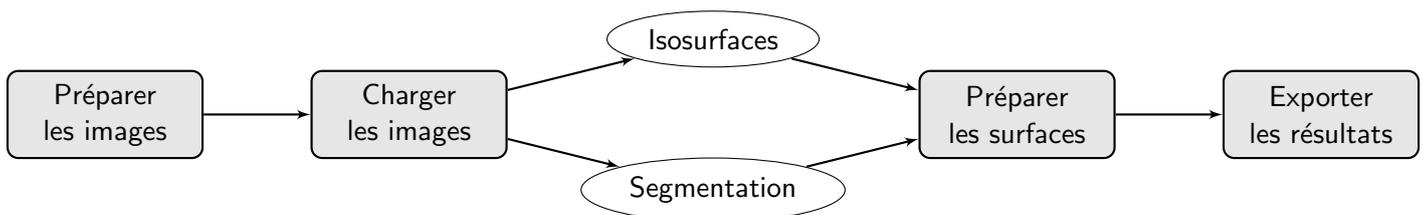


Figure 3: Protocole de traitement des données.

2 Démarrer avec Avizo

La figure 4 montre la présentation du logiciel à l'ouverture. Celui-ci se compose de plusieurs éléments : une fenêtre de visualisation (notée 1), un environnement Project View (2) et un environnement Properties (3). Le menu permet d'accéder aux différentes commandes et plusieurs barres d'outils proposent des raccourcis. Les paragraphes suivants vont détailler l'utilité de l'ensemble de ces commandes.

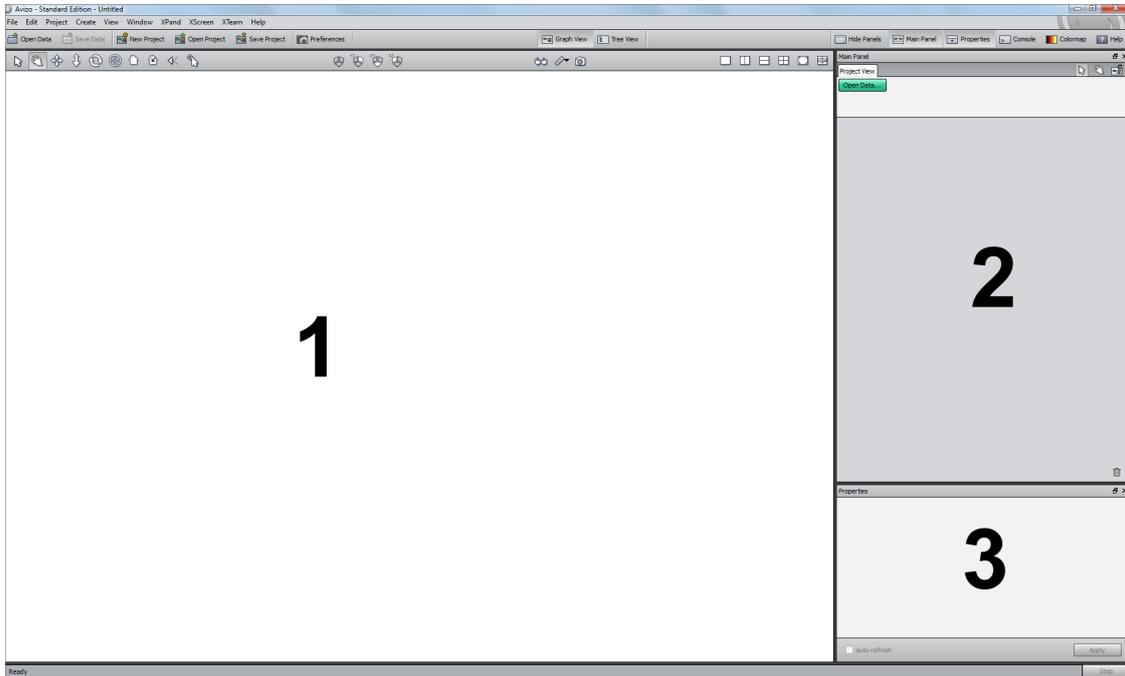


Figure 4: Vue générale du logiciel Avizo 7.

2.1 Ouvrir les données

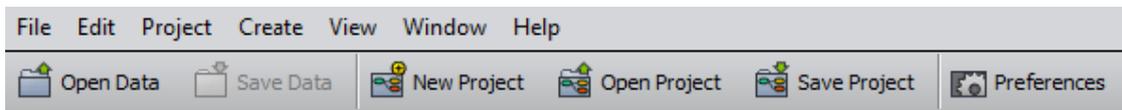


Figure 5: Menu principal et raccourcis de gestion de projets.

Pour commencer le traitement, cliquer sur **Open Data**. Sélectionner l'ensemble des coupes et cliquer sur ouvrir. La fenêtre Image Read Parameters (voir figure 6) permet de vérifier que le nombre de coupes sélectionnées est correct. Dans cet exemple, le jeu de données est constitué de 1318 coupes de 1209x1215 pixels.

Le nom de l'objet est créé à partir du nom de la première coupe mais il est préférable de l'éditer pour lui donner un nom explicite. [Si la taille du voxel est connue, il faut la renseigner dans voxel size](#). Pour les données issues de la plate-forme, cette information se trouve dans le fichier texte fourni avec les images sous l'appellation voxelsizex.

2.2 L'environnement Project View

L'objet créé apparaît dans la fenêtre Project View. En cliquant sur un objet, les commandes les plus usuelles apparaissent, voir figure 7. L'ensemble des commandes disponibles pour un objet donné est accessible en faisant un [clic droit sur l'objet](#). En particulier, la commande **Save Data as** permet d'enregistrer l'objet. Il est recommandé d'enregistrer l'objet créé à partir des coupes au format Avizo (avec l'extension .am) pour faciliter l'ouverture du projet lors de prochaines manipulations. La version 7.0.0 d'Avizo peut ouvrir des volumes générés à partir des versions précédentes. Par contre, les versions précédentes d'Avizo ne gèrent pas les volumes de la version 7.0.0.

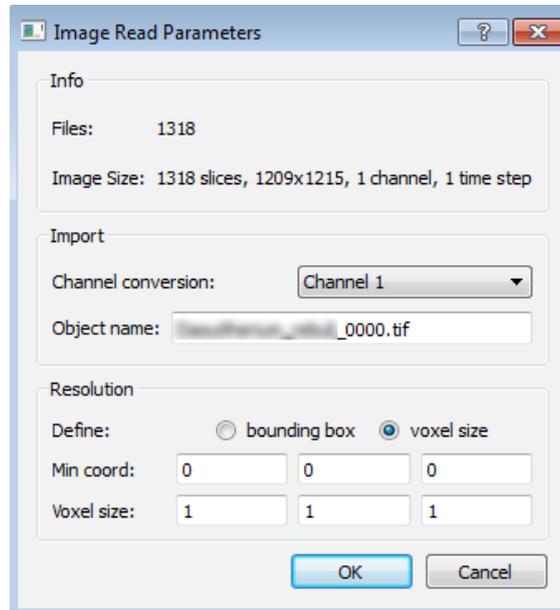


Figure 6: Fenêtre d'ouverture des données.

Dans l'ensemble du logiciel, les raccourcis clavier apparaissent dans la fenêtre d'information lorsque la souris survole un outil donné. Le carré orange à gauche d'un objet sert à activer ou désactiver sa visualisation dans la fenêtre principale.

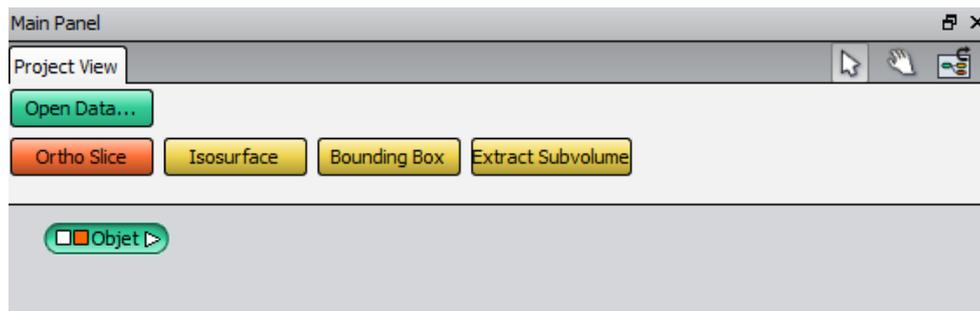


Figure 7: Onglet Project View dans le Main Panel.

2.3 L'environnement Properties

En cliquant sur un objet, ses caractéristiques s'affichent dans l'onglet Properties, voir figure 8. Par ailleurs, des raccourcis vers certains outils sont disponibles. Dans le cas de l'objet constitué de l'ensemble des coupes, l'onglet Properties propose l'accès aux outils de filtrage (Image Filters Editor), de rognage (crop Editor) ou de transformations géométriques (transform Editor).

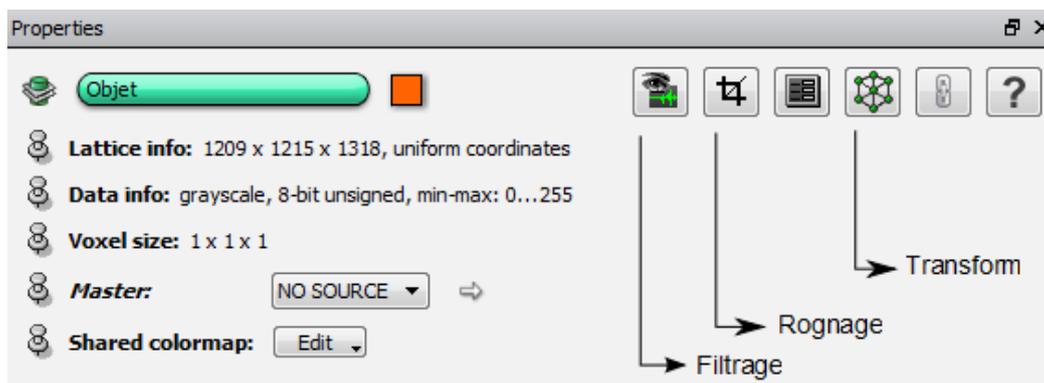


Figure 8: Onglet Properties.

3 Visualiser le volume

3.1 Améliorer le contraste

L'outil **Measure/Histogram** affiche l'histogramme de la pile d'images, voir figure 9. Ce graphe représente le nombre de pixels en fonction du niveau de gris. Il rend compte de la distribution des niveaux de gris dans l'image. Le pic de valeurs à gauche de l'histogramme correspond à l'air (sauf si le scan est réalisé sur une région d'intérêt dans l'objet).

Pour améliorer le contraste de l'image, on peut choisir de n'afficher qu'une partie des niveaux de gris de l'image (ceux qui décrivent l'objet). **Le réglage du contraste modifie seulement la visualisation des images, les valeurs des pixels demeurent inchangées.** L'étude de l'histogramme permet d'identifier les niveaux de gris contenant l'information de l'objet. Dans le cas illustré par la figure 9, seuls les pixels dont le niveau de gris est supérieur à 17500 environ appartiennent à l'objet.

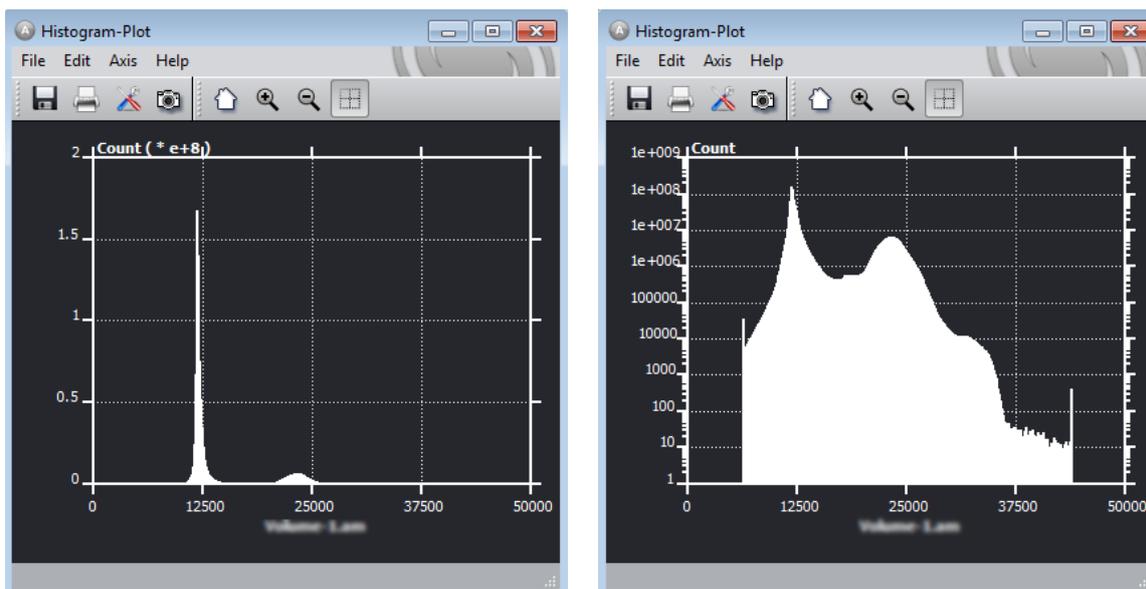


Figure 9: Représentations linéaire (à gauche) et logarithmique (à droite) de l'histogramme de l'image.

Pour affiner l'analyse de l'histogramme, certains paramètres sont disponibles dans la fenêtre **Propriétés**, voir figure 10. Les niveaux de gris minimum et maximum de l'image sont renseignés dans le champ **Range**. Garder ces valeurs pour avoir l'histogramme complet ou les modifier pour tracer l'histogramme d'une gamme de niveaux de gris. Le curseur **Num bins** définit la discrétisation de l'histogramme, sélectionner 256 pour lisser la courbe. Par défaut, le graphe est représenté en colonnes, cocher **line drawing** pour plus de lisibilité. Il est également en échelle semi-logarithmique, décocher **logarithmic** pour une représentation linéaire.

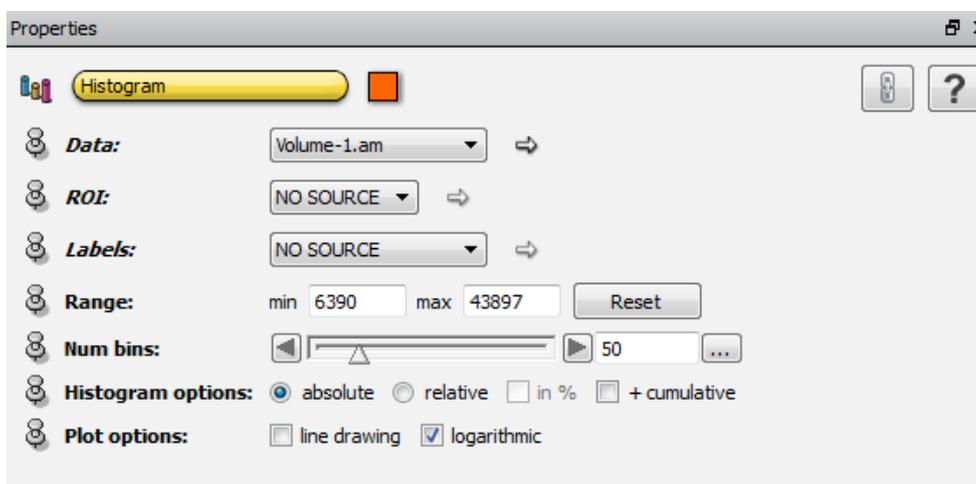


Figure 10: Outil Histogram du menu Measure.

Pour parcourir le graphe, sélectionner l'outil **Threshold** dans le menu **Edit/Edit objects** de l'histogramme. Cocher la case **Probe**. Une ligne apparaît sur l'histogramme et les coordonnées sont affichées sur le graphe.

3.2 La barre d'outils

La barre d'outils est composée de quatre modules. Le premier (figure 11) permet d'interagir avec le volume. L'environnement **Interact** (la flèche) permet de naviguer dans les coupes. L'autre environnement, **Trackball** (la main) permet de modifier la vue de l'objet :

- la rotation libre avec le clic gauche ou la rotation d'un degré avec l'outil **Rotate**
- le déplacement en maintenant le bouton du milieu de la souris appuyé ou avec l'outil **Translate**
- le zoom avec la roue de la souris ou l'outil **Zoom**
- l'auto-centrage avec l'outil **Seek**
- le retour à la vue initiale avec l'outil **Home**
- l'affectation de la vue courante comme nouvelle vue de référence avec l'outil **Set home**
- la sélection d'une vue en perspective ou orthographique avec l'outil **Perspective** (l'oeil)
- la sélection d'un objet avec l'outil **Pick**



Figure 11: Module d'interaction avec le volume.

Le second module permet de modifier la vue (yz, xy ou xz). La vue opposée est accessible en maintenant le bouton shift appuyé.



Figure 12: Module de gestion des vues.

Le troisième module propose l'outil **Stereo** pour régler la stéréovision. L'outil **Measurement** permet de réaliser différents types de mesures dont la liste est accessible dans un menu en cliquant sur la petite flèche. Enfin, l'outil **Snapshot** exporte une image de la fenêtre principale.



Figure 13

Enfin, le dernier module change le nombre de fenêtres visibles dans la fenêtre principale et permet de basculer en plein écran (touche F11). Pour affecter une vue à une fenêtre dans un mode multi-fenêtre, il faut choisir la vue dans le second module lorsque la fenêtre que l'on veut modifier est active.

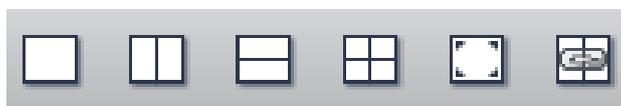


Figure 14: Module de gestion des fenêtres de travail.

3.3 Visualiser la pile de coupes

L'outil **Bounding Box** fait apparaître la boîte englobante (en orange) de l'objet et permet de se repérer dans le volume.

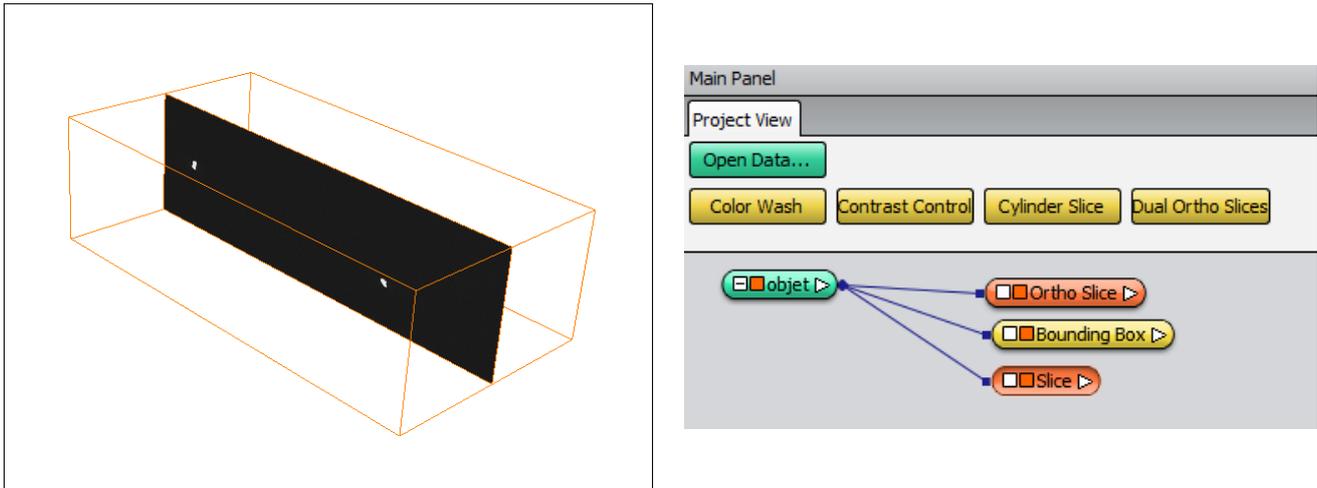


Figure 15: Visualisation des coupes avec les outils Bounding Box, Ortho Slice et Slice.

L'outil **Ortho Slice** permet de naviguer dans les coupes. Dans les propriétés, voir figure 16, il est possible de modifier l'orientation des coupes (xy, xz ou yz) et le contraste de l'image avec **Data window**. Pour parcourir les coupes, il suffit de déplacer le curseur **Slice Number**.

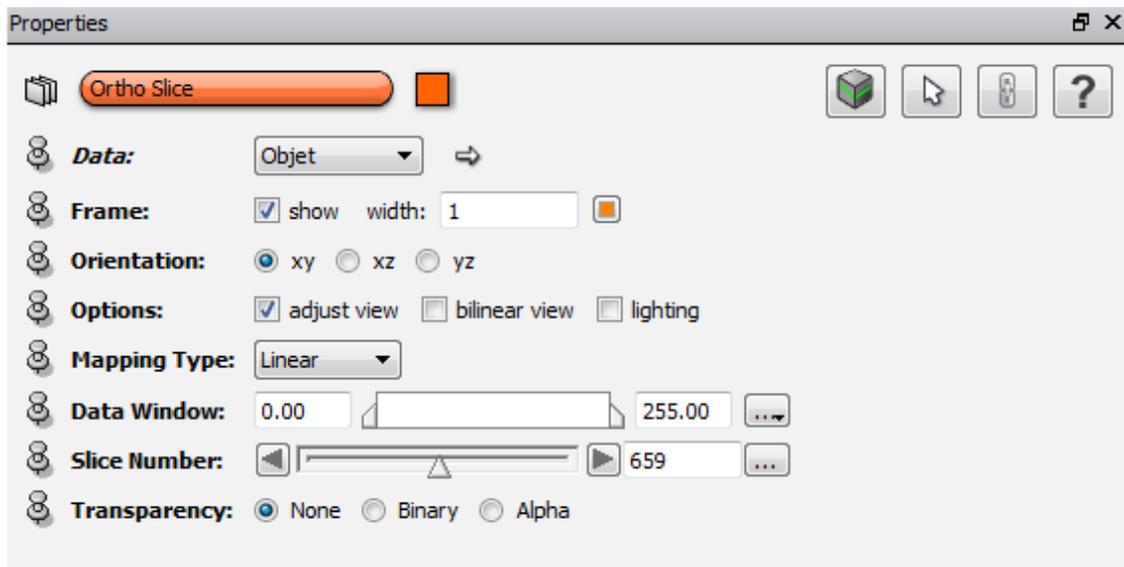


Figure 16: Outil Ortho Slice de navigation dans les coupes.

Pour choisir le plan de coupe du volume, utiliser l'outil **Display/Slice**. Par défaut, Slice se comporte comme Ortho Slice. Cependant, en cochant l'option **Rotate**, une trackball apparaît dans la fenêtre 3D. Cette trackball peut être manipulée (avec la flèche du module d'interaction) pour orienter le plan de coupe selon n'importe quelle direction, voir figure 17. L'option **Fit to points** permet à l'utilisateur de sélectionner trois points dans la visualisation 3D et d'extraire le plan de coupe correspondant. Par défaut, le volume est échantillonné par l'outil Slice. Pour éviter une perte d'informations, renseigner le champ **Sampling** avec l'option **finest**.

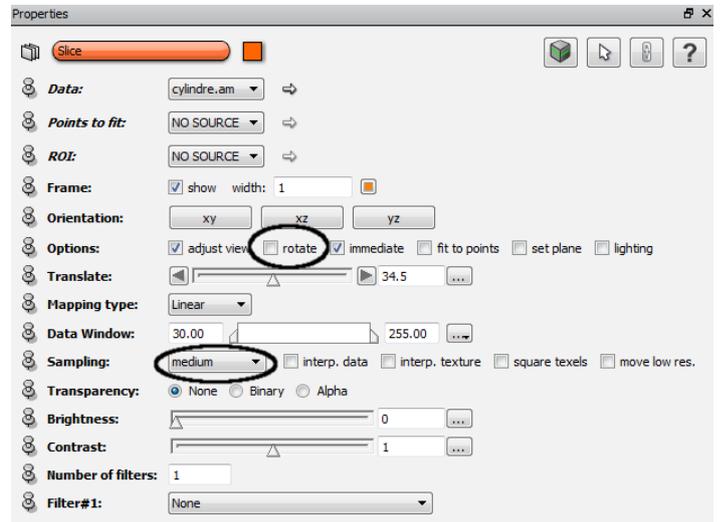
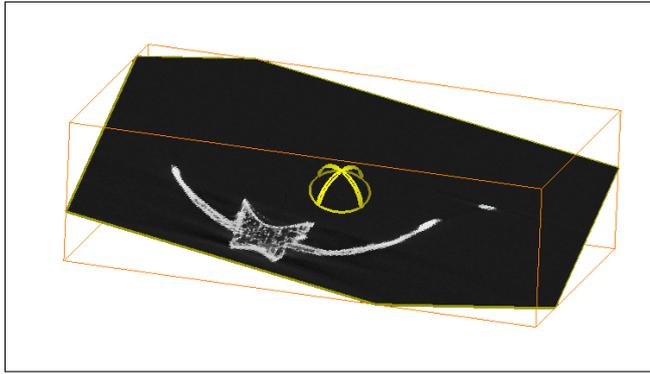


Figure 17: Outil Slice de navigation dans les coupes avec l'option Rotate.

3.4 Travailler sur une zone d'intérêt

3.4.1 Réduire le volume dans une boîte

Sélectionner l'outil **Extract Subvolume** dans le menu de l'objet. Il permet de définir la nouvelle région à découper, voir figure 18. La nouvelle zone est un rectangle défini par un index min et une taille pour chaque direction. Il est possible de les définir manuellement en agissant sur les carrés bleus dans l'image avec l'outil **Interact** (la flèche du module figure 11. Il est plus facile de cliquer dans un premier temps sur chacun des max pour obtenir la boîte de taille maximale et de la réduire. L'action de l'outil est illustrée sur la figure 18, le nouvel objet est un ensemble de coupes dont les dimensions correspondent à la boîte. Par défaut, le nouvel objet est nommé avec le nom du volume dont il est issu suivi de l'extension `.view`.

Prenez garde à l'option **Subsample** qui permet de modifier la résolution des coupes. Pour conserver la meilleure description du volume, décocher la case **Subsample**.

Il peut par contre être utile de travailler sur une version moins résolue de l'image lorsque celle-ci est trop lourde et que les calculs en sont pénalisés. Pour cela, renseigner un facteur de sous-échantillonnage identique pour chacune des directions.

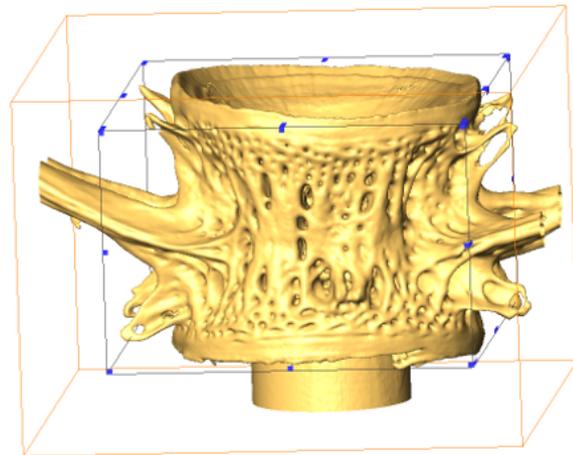
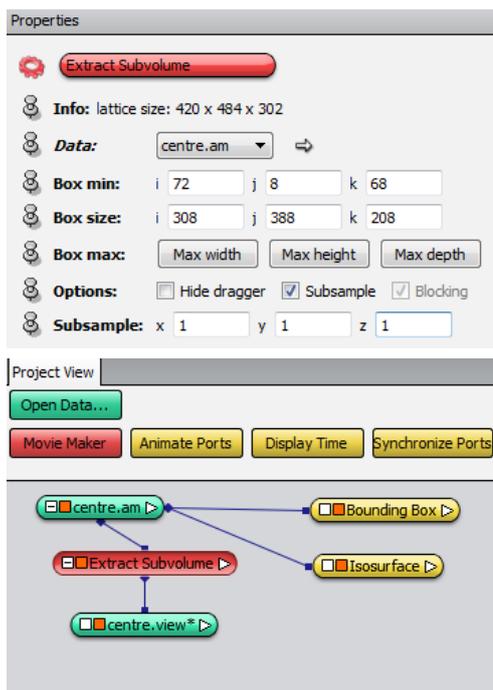


Figure 18: Création d'un nouveau volume d'intérêt extrait des données avec l'outil Extract Subvolume.

3.4.2 Éditer le volume manuellement

Il est possible d'exclure une partie de l'objet en interagissant directement sur la vue 3d. Pour cela, utiliser l'outil **Compute/Volume Edit** depuis le menu accessible par clic droit sur l'objet dans Project View, voir figure 19.

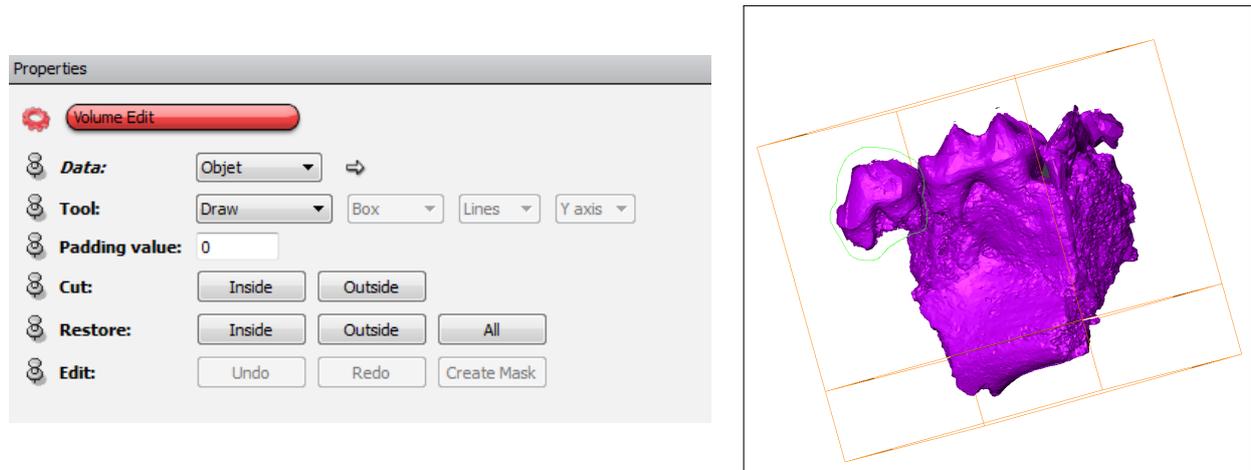


Figure 19: Outil Volume Edit (gauche) et sélection de la région (en vert) en dessinant sur la vue 3d (droite).

Dans la vue 3d, manipuler l'objet (rotations, translations, zoom) de façon à distinguer clairement la partie du volume qui doit être isolée. Il est possible de travailler à partir des coupes mais cette étape est plus facile à réaliser avec une modèle surfacique de l'objet. Pour obtenir ce modèle, construire une isosurface (voir section 4). Deux applications sont possibles :

- cliquer sur **Inside** dans le menu **Cut** pour dessiner une région à extraire au volume.
- cliquer sur **Outside** dans le menu **Cut** pour dessiner la région à conserver.

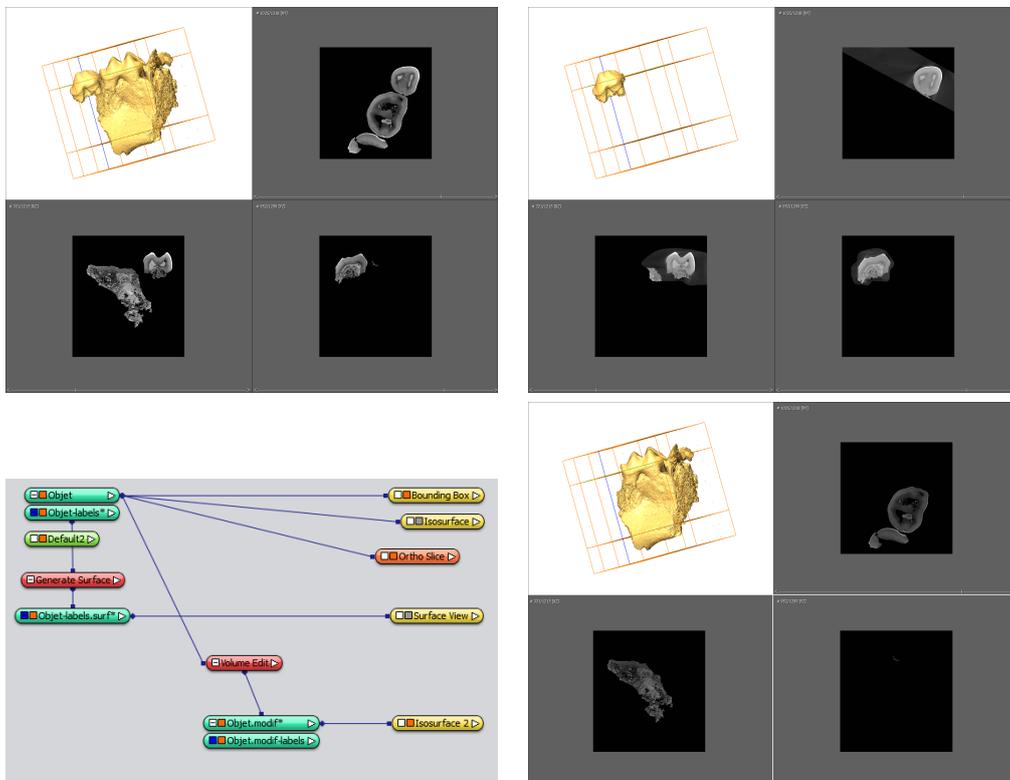


Figure 20: Coupes et isosurfaces illustrant l'action de Volume Edit. Volume initial (haut - gauche) et volume modifié conservant la région de la figure 19 avec Cut Outside (haut - droite) ou en l'excluant avec Cut Inside (bas - droite). Le résultat de Volume Edit est un objet à part entière.

Un nouvel objet est créé. Les pixels ne faisant pas partie de la région conservée se voient attribués la valeur du champ **Padding value**. En règle générale, il convient de fixer cette valeur à 0 ou à affecter la valeur de l'air à cette région. Le nouvel objet porte le nom de l'objet dont il est issu suivi de la mention `.modif`.

La figure 20 montre comment isoler une partie de la surface. Le nouvel objet est constitué de coupes où seule la région conservée a les niveaux de gris de l'image originale. Il est possible de travailler et de segmenter ce nouvel objet de la même façon que l'objet original. Sauvegarder ces nouvelles données au format d'un objet `.am` pour pouvoir facilement travailler sur la partie d'intérêt des données.

3.5 Transformer les données

3.5.1 Filtrer les images

Dans les propriétés de l'objet, sélectionner l'outil **Image Filters Editor**, voir figure 8. Le type de filtre est défini par le champ **Filter** dans un menu déroulant, voir figure 21. Le filtre peut être appliqué en 3D ou en 2D dans un plan donné. Il faut choisir le filtre suivant le type d'effet désiré:

- **Edge-Detection** applique une détection de contours
- **Greyscale** modifie la dynamique des images
- **Sharpening** réhausse les contours
- **Smoothing** lisse les images et réduit les bruits d'aspects granuleux
- **Morphological** permet d'appliquer des opérations morphologiques.

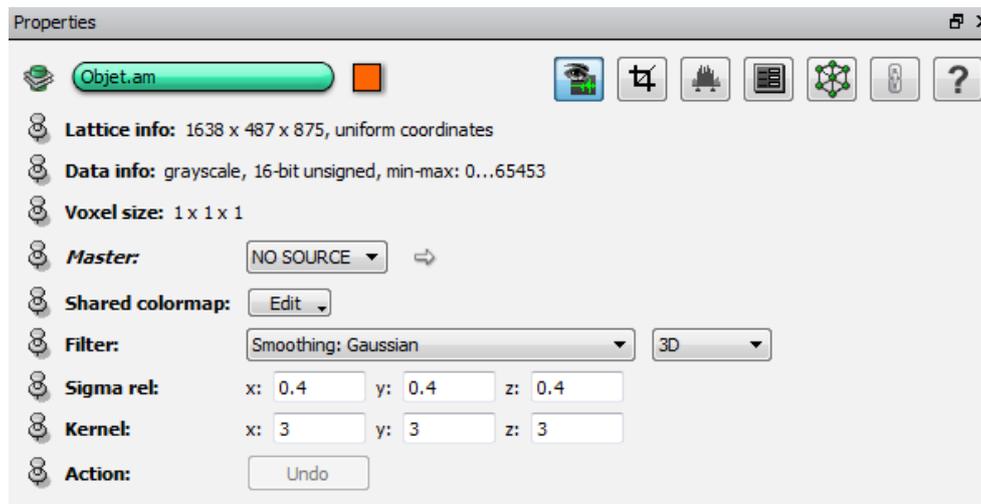


Figure 21: Outil Filtrage des images.

3.5.2 Réaliser une transformation géométrique

Dans les propriétés de l'objet, sélectionner l'outil **Transform Editor**, voir figure 22. Pour configurer la transformation, cliquer sur le bouton **Dialog...** du menu **Manipulator**. Une fenêtre intitulée **Transform Editor** permet de renseigner les paramètres de la transformation souhaitée.

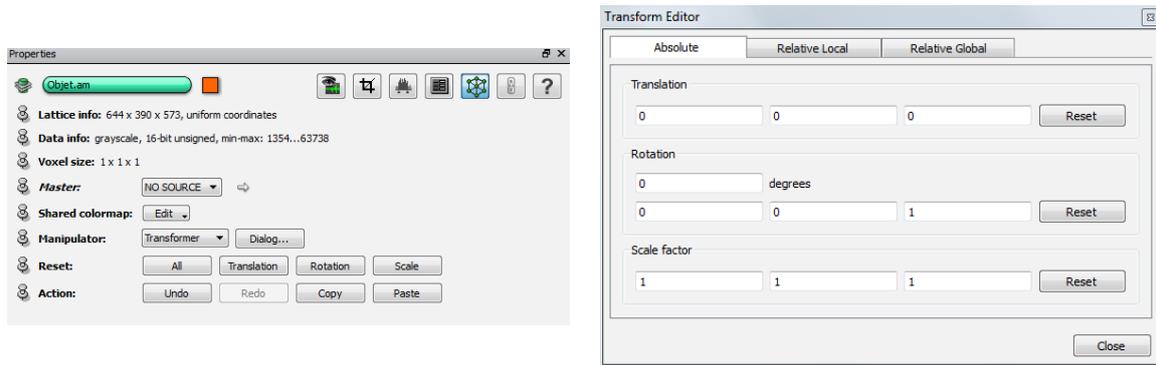


Figure 22: Outil de Transformation des images.

Il est également possible d'effectuer une translation, une rotation ou un grossissement en manipulant directement dans la vue principale avec l'outil **Interact** (la flèche du module **barre1**) comme présenté sur la figure 23.

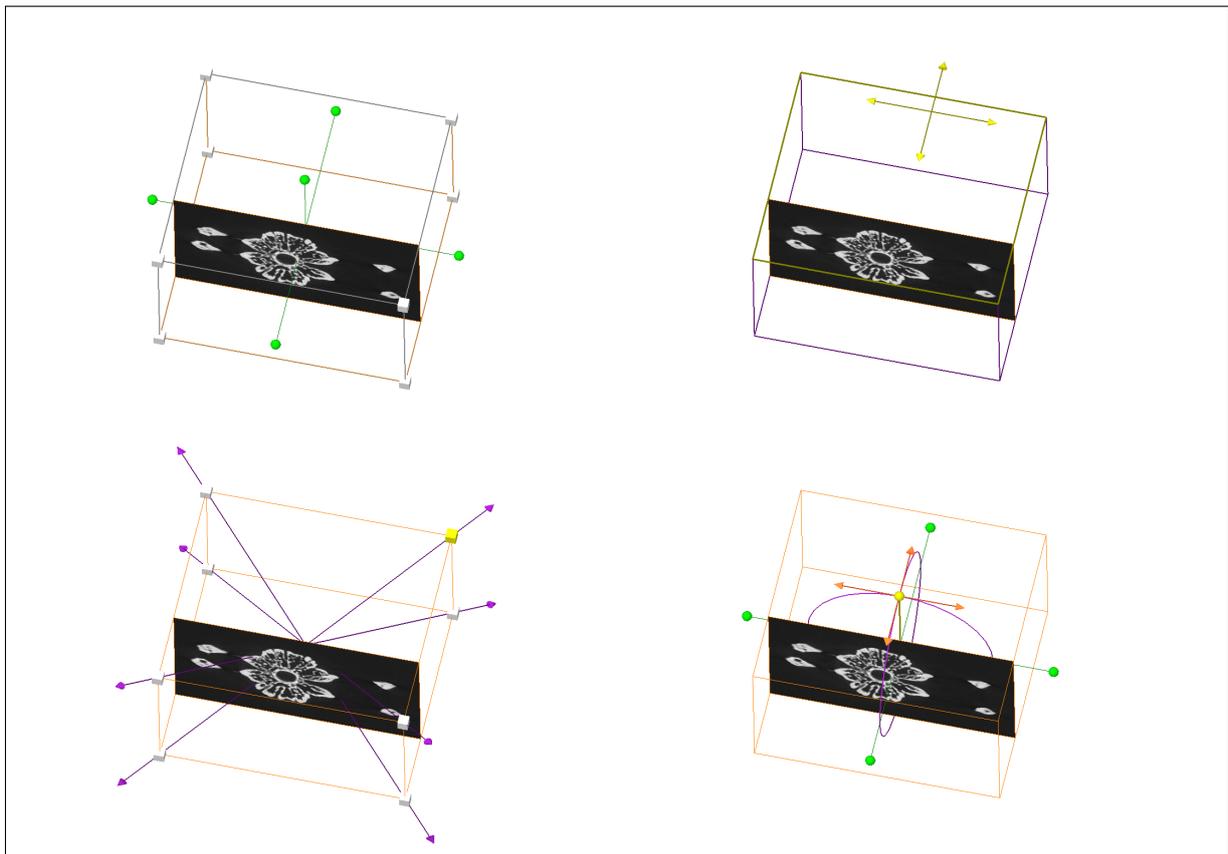


Figure 23: L'outil Transform propose un ensemble de points manipulables (en haut à gauche). Translation (en haut à droite) en agissant sur les points verts. Grossissement (en bas à gauche) en agissant sur les carrés blancs. Rotation en agissant sur le point vert central.

Pour modifier des axes, sélectionner l'outil **Crop Editor** dans les propriétés de l'objet. Le menu **Flip and swap** propose de réaliser des rotations selon les axes.

Le volume transformé est indiqué en italique dans la fenêtre Project View. La sauvegarde du volume peut ne pas prendre en compte la transformation. Noter les différentes transformations effectuées de façon à pouvoir les retrouver à la prochaine ouverture du logiciel.

3.6 Rendu volumique

Le rendu volumique direct (ou direct volume rendering) repose sur l'algorithme du lancer de rayons. L'objet voxelisé est représenté dans un environnement avec une caméra et un écran de projection, voir figure 24. Chaque voxel est converti de niveaux de gris en opacité. Un rayon est lancé depuis la caméra vers chaque pixel de l'écran. Son parcours traverse ensuite le volume voxelisé et l'information de l'opacité le long du rayon est accumulée puis déposée dans le pixel de l'écran correspondant.

Cette méthode permet de visualiser le volume du point de vue de la caméra. Le rendu volumique est généralement amélioré par la gestion de sources lumineuses dans l'environnement précédemment construit.

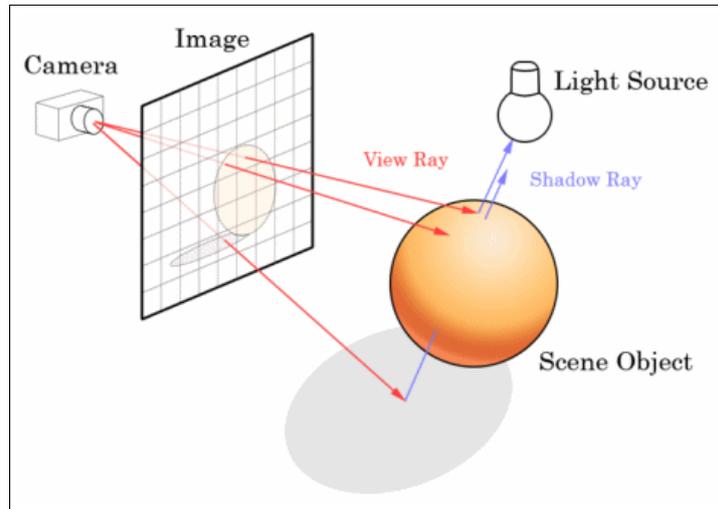


Figure 24: Rendu volumique direct. Principe de l'algorithme de lancer de rayons. (illustration de Jeff Atwood)

L'outil **Display/Volume Rendering** propose de construire le rendu volumique de l'objet. Il se compose de deux parties:

- **Volume Rendering** contrôle l'étape de conversion des niveaux de gris à travers la **Colormap** (voir section 3.7). Par défaut, l'intégralité des niveaux de gris est convertie en transparence. La gamme des niveaux de gris peut être réduite en insérant de nouvelles valeurs minimum et maximum, voir figure 25. Utiliser l'histogramme pour connaître les valeurs minimum et maximum permettant de décrire au mieux l'objet (voir section 3.1).
- **Volume Rendering Settings** permet d'améliorer la qualité du rendu, de modifier l'éclairage de la scène et d'augmenter la description des contours de l'objet.

3.7 Colormap

La colormap permet d'attribuer une couleur à chaque voxel en fonction de son niveau de gris. Elle est construite sur l'ensemble des valeurs de l'image par défaut. Il faut dans un premier temps choisir les valeurs minimum et maximum à visualiser (cerclées de rouge sur la figure 25). L'onglet **Edit** permet ensuite de modifier les couleurs utilisées en chargeant un fichier .col. D'autres colormaps sont disponibles dans Avizo et accessibles via le menu **Edit/Options/Load colormap...** Le curseur **Alpha scale** gère la transparence du rendu.

Pour créer une colormap personnalisée, utiliser l'outil **Create/Data/Colormap**. Renseigner le champ **Datafield** pour relier la colormap à un jeu de données. Dans les propriétés de la colormap, l'outil **Colormap Editor** permet de construire une nouvelle fonction de colorisation.

À partir de l'objet colormap, créer un objet **Colormap Legend** pour ajouter l'échelle à l'image, voir figure 25. Préciser les limites min et max dans l'objet Colormap.

Plusieurs options sont disponibles pour éditer la légende :

- Data : le type de colormap utilisé
- Options : custom text édite la légende, vertical modifie l'orientation, font gère la police de caractères et bg color la couleur de fond
- Position : place l'échelle sur l'image
- Size : gère la taille
- Custom Text : modifie la légende, conserver les / pour distinguer les valeurs affichées
- Title : ajoute un titre

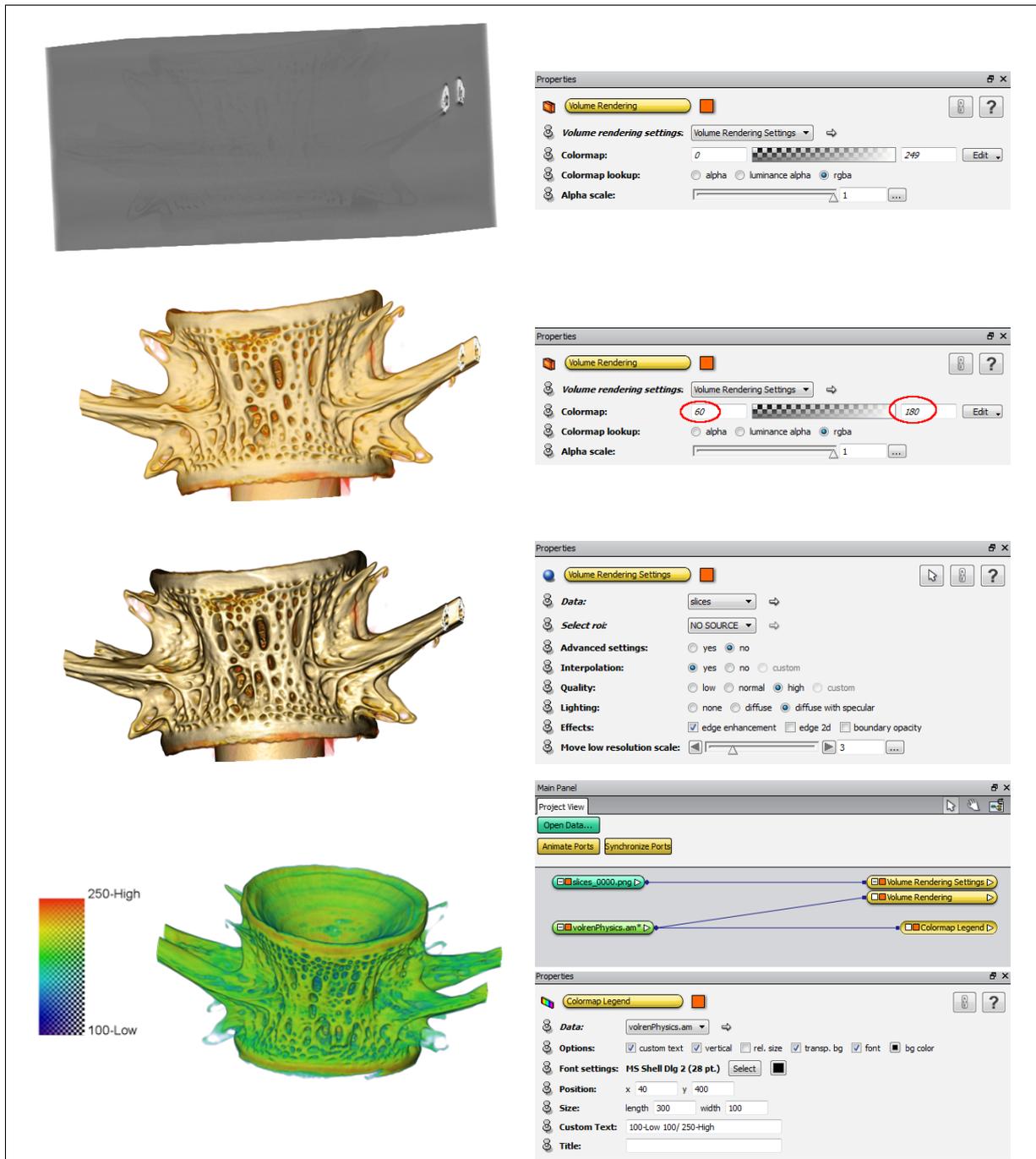


Figure 25: Visualisation du volume avec Volume Rendering. Rendu par défaut (haut), avec modification de la colormap en volrenRed.col (milieu) et avec modification des lumières et amélioration du rendu des contours (bas). Création d'une colormap et de sa légende associée pour un rendu volumique.

4 Extraire des surfaces

4.1 Isosurface

L'outil **Display/Isosurface** construit la surface englobant les parties du volume dont le niveau de gris est supérieur à un seuil donné. C'est l'équivalent d'un isocontour en trois dimensions. L'isosurface est donc l'outil le plus rapide pour visualiser la forme extérieure d'un objet ou les contours d'une structure. La figure 26 illustre le principe de construction des isosurfaces avec le cas synthétique d'un cylindre contenant deux autres cylindres de niveaux de gris inférieurs.

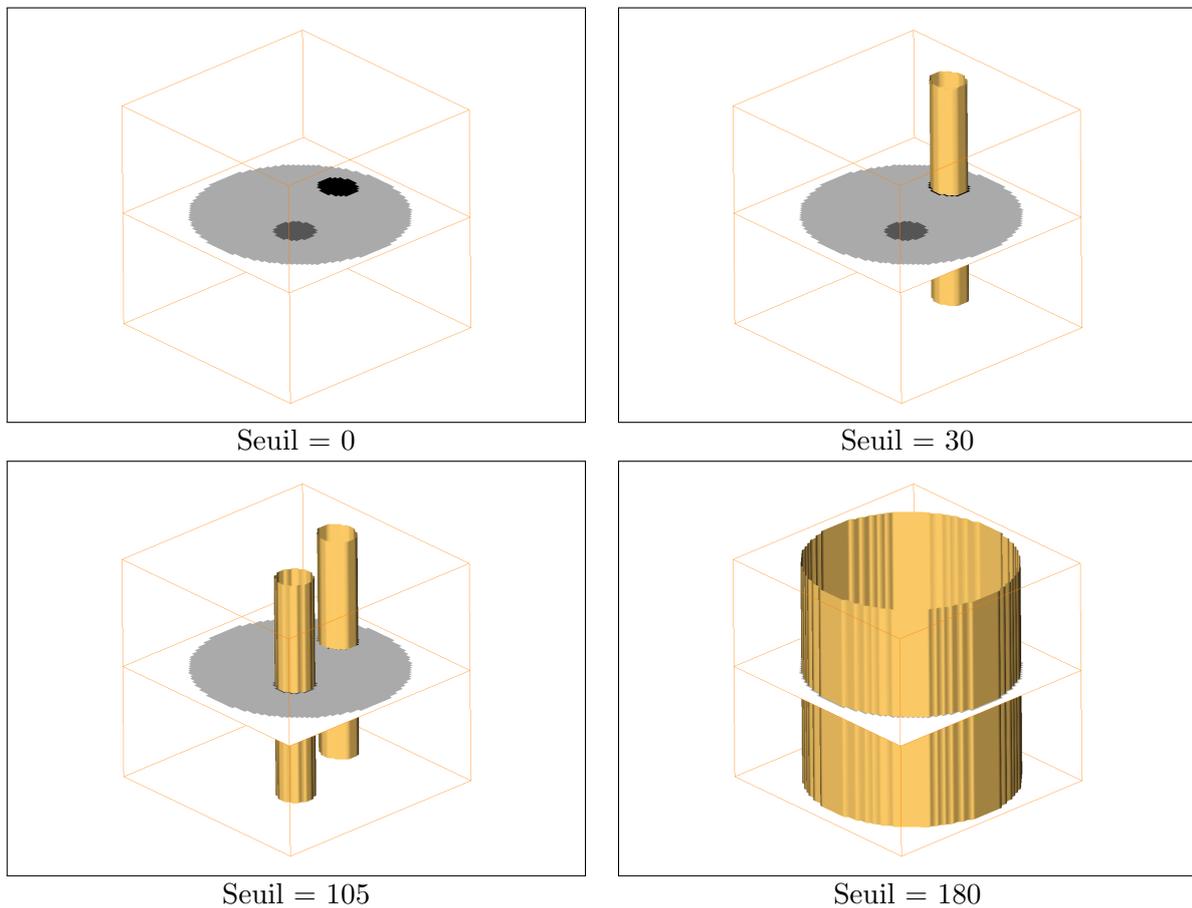


Figure 26: Exemple d'isosurfaces réalisées sur un modèle. Les niveaux de gris des cylindres sont de 180 pour le grand cylindre et 30 et 105 pour les petits respectivement. La valeur du seuil utilisée pour les isosurfaces est indiquée en-dessous de chaque figure.

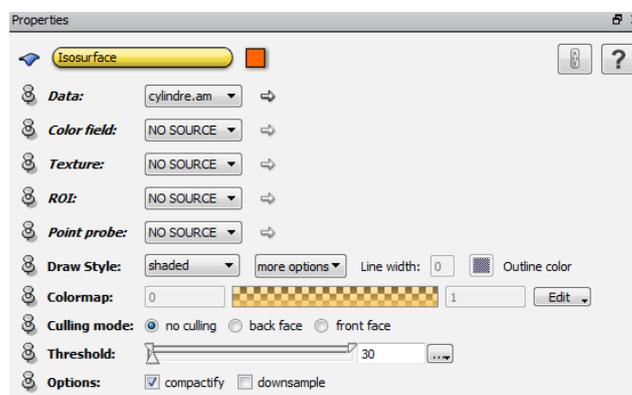


Figure 27: Outil de génération d'isosurfaces.

La valeur du seuil dépend de la structure à isoler. Dans les propriétés de l'isosurface (figure 27), choisir le seuil avec le curseur **Threshold** et cliquer sur Apply. Pour les options d'affichage, voir la section 4.2.

Pour créer une surface manipulable à partir d'une isosurface, sélectionner l'outil **Extract Surface** et cliquer sur Apply. Le résultat est une surface triangulée contenue dans un objet .surf, voir figure 28. Les dimensions de la surface sont affichées dans ses propriétés en termes de nombre de points et de faces. Les sections suivantes présenteront les outils d'édition (4.3), de simplification (4.4). L'outil de transformation géométrique est similaire à celui contrôlant l'objet et présenté en section 3.5.2.

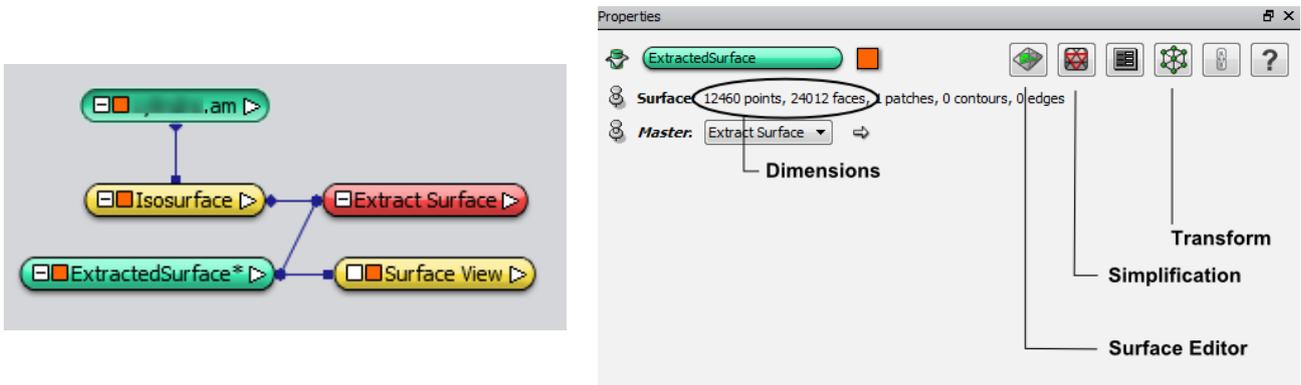


Figure 28: Génération d'une surface à partir d'une isosurface avec l'outil Extract Surface.

4.2 Visualiser les surfaces

Pour visualiser la surface, utiliser l'outil **Display/Surface View** à partir de l'objet .surf. La surface apparaît dans la fenêtre principale. Par défaut, la surface contient chacune des régions définies par les labels. Le menu **Draw Style** permet de modifier l'apparence de la surface et de la rendre transparente notamment avec le champ **transparent**. Le champ **Base trans** apparaît et permet de modifier la transparence en réglant le curseur pour une valeur entre 0 et 1. La figure 30 illustre un exemple de surface traitée en transparence.

Pour appliquer un traitement à une région en particulier, sélectionner le label correspondant dans la liste **Materials**. Puis sélectionner dans le menu **Buffer** la fonction appropriée pour ajouter (Add), retirer (Remove) ou redessiner (Draw) cette région par exemple.

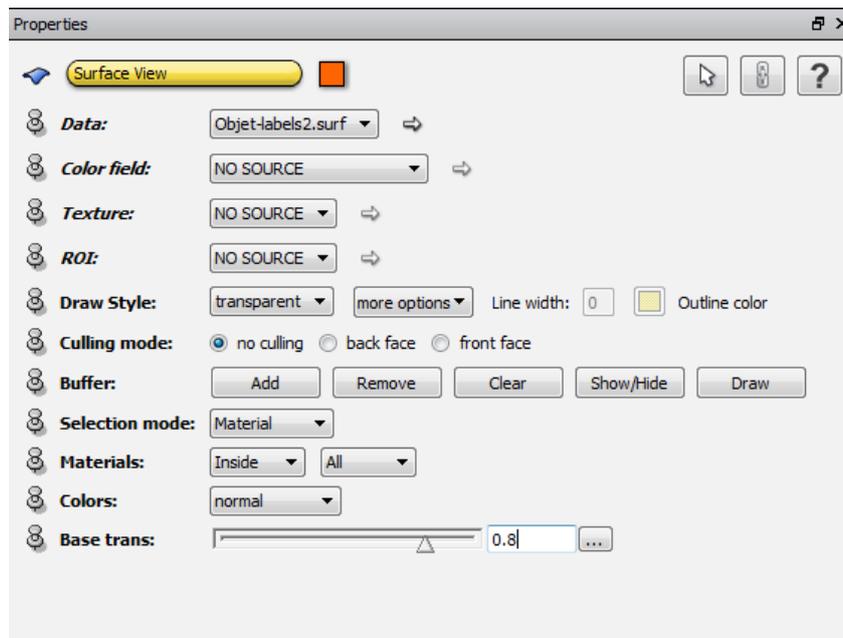


Figure 29: Outil Surface View.

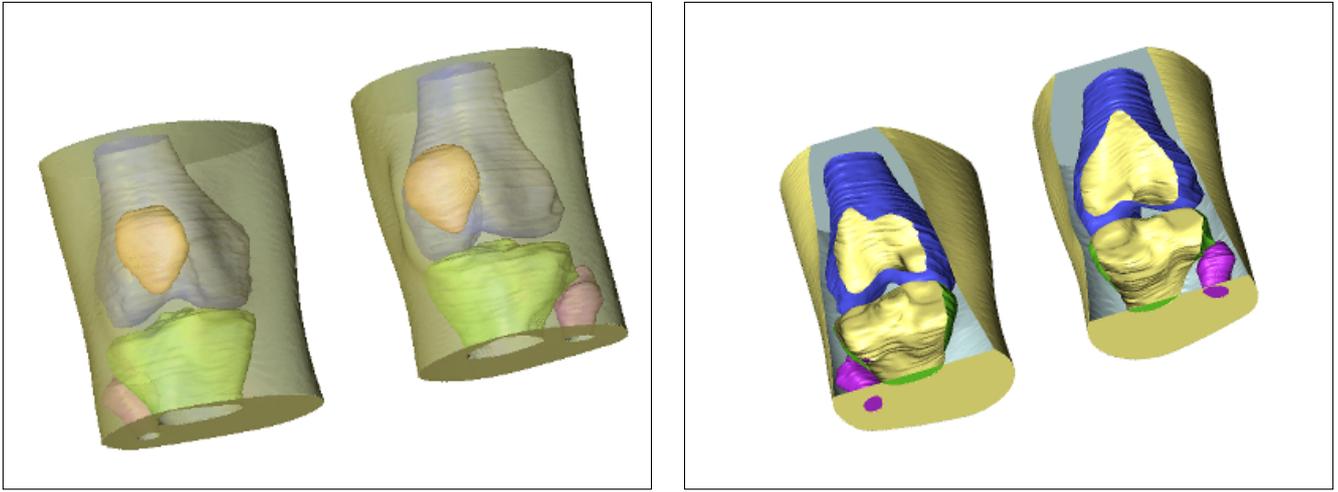


Figure 30: Visualisation de la surface avec un effet de transparence (gauche) et découpée selon un plan oblique (droite).

L'outil **Ortho Slice** permet d'accéder à une coupe de la surface. Dans les propriétés de l'outil, cliquer sur l'outil Clip, voir figure 31. La surface est réduite au niveau du plan de coupe. Pour obtenir l'autre moitié de la surface, cliquer à nouveau plusieurs fois sur Clip. La même démarche est possible avec l'outil **Slice** présenté dans la section 3.3 pour découper la surface selon un plan oblique. Ne pas afficher les outils Ortho Slice ou Slice en cliquant sur le carré orange pour voir à travers. Un exemple de coupe d'une surface est présenté en figure 31.

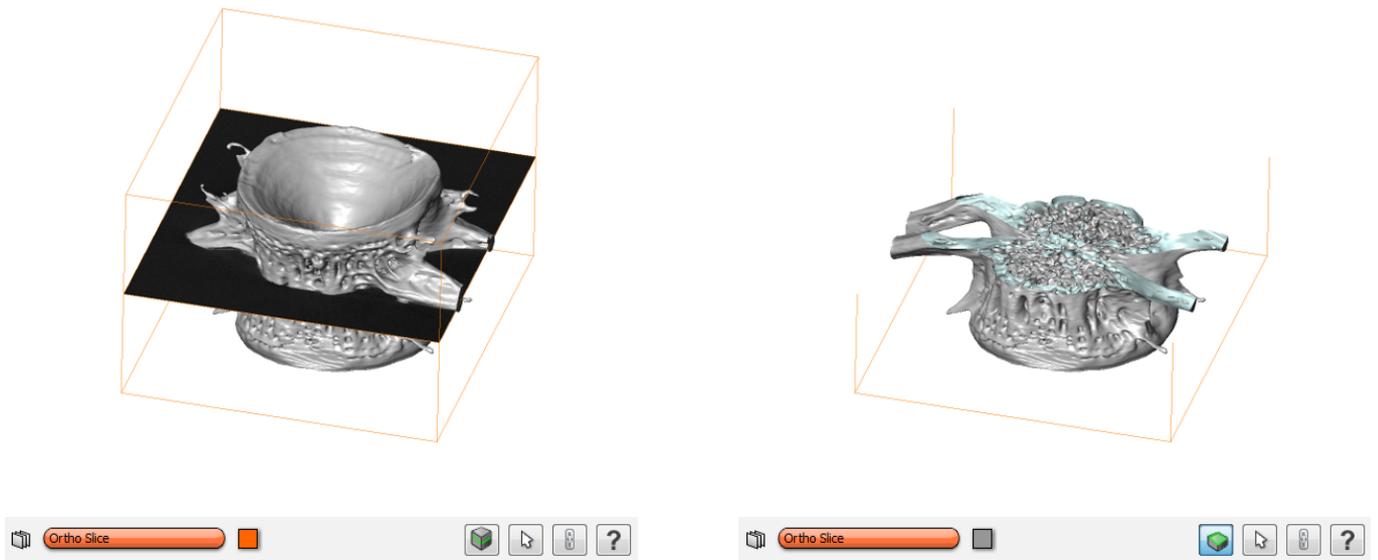


Figure 31: Visualisation de la surface depuis un plan de coupe.

4.3 Éditer les surfaces

Avant de modifier les surfaces, veiller à sauvegarder le fichier .surf original.

Dans les propriétés de l'objet surface, sélectionner l'outil **Surface Editor**. Cet outil permet de corriger localement les surfaces et de supprimer une partie de celles-ci. Une nouvelle barre d'outils composée de trois modules apparaît au-dessus de la fenêtre principale. Un nouveau menu intitulé **Surface** apparaît dans la barre de menus.

Pour appliquer un changement à un triangle, il faut que celui-ci soit sélectionné. La sélection d'un triangle est indiquée par une couleur rouge.

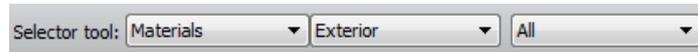


Figure 32: Sélection de la surface à éditer.

Le premier module permet de choisir la surface sur laquelle les traitements vont être appliqués. Le plus simple est de réaliser une sélection par matériau. Pour cela, choisir le matériau d'intérêt dans la liste déroulante. Par défaut, la surface est labellisée Inside et la sélection est vide. Plus précisément, la sélection contient les triangles du label Exterior.



Figure 33: Ajout et suppression de triangles.

Le second module permet d'attribuer les triangles sélectionnés au buffer, de les retirer du buffer et de vider le buffer.



Figure 34: Manipulation des triangles.

Le troisième module permet de modifier localement la surface. L'outil **Draw contour to highlight faces** propose de sélectionner des triangles en les entourant directement dans la vue 3D. Pour cela, veiller à avoir sélectionné l'outil **Interact** (la flèche de la figure 11). Par défaut, tous les triangles dans la profondeur du contour dessiné sont sélectionnés. Pour n'ajouter que les triangles visibles, cliquer sur **visible triangles only** dans le menu déroulant de cet outil.

Lorsque la sélection convient, choisir dans le menu **Surface/Edit** le traitement à réaliser sur les faces. La figure 35 illustre l'opération **Surface/Edit/Delete highlighted faces**.

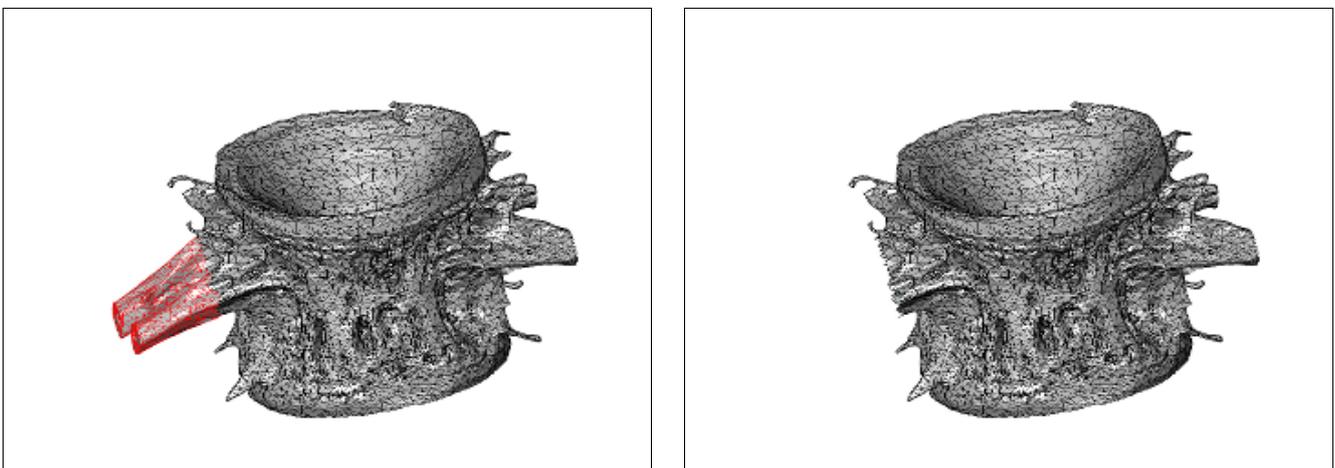


Figure 35: Suppression d'une partie de la surface. Sélection des triangles avec l'outil Draw contour (gauche) et résultat de l'opération (droite).

4.4 Simplifier les surfaces

L'onglet propriétés de l'objet .surf indique le nombre de points et de triangles (faces) constituant la surface. Le nombre de points sera d'autant plus élevé que la résolution des images est grande. Cependant, un grand nombre de triangle peut rendre la manipulation de la surface laborieuse. Il est parfois nécessaire de simplifier la surface obtenue avant de l'exporter. Pour cela, utiliser l'outil **Simplification Editor** de l'onglet Properties, voir figure 36.

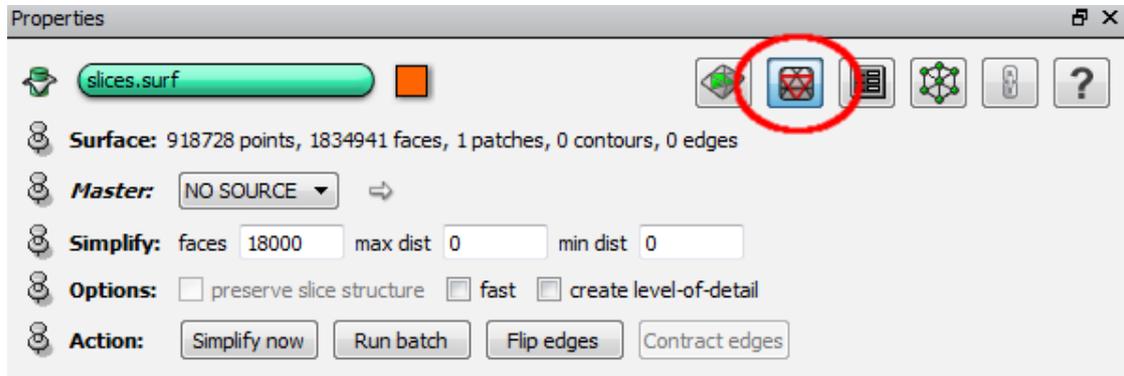


Figure 36: Module de simplification de la surface accessible depuis les Properties de l'objet .surf via l'icône Simplification Editor (entourée en rouge).

Dans le champ **Simplify**, préciser le nombre de faces de la nouvelle surface. Puis, cliquer sur **Simplify now**.

5 Segmenter les données

Pour définir différentes régions dans le volume du scan, il faut segmenter les images. Cela consiste à attribuer à chaque pixel un label pour le classifier dans une région donnée. Le label se caractérise par un nom et une couleur. Pour contrôler la segmentation, il faut manipuler l'objet Labels créé à partir de l'outil **Multi-Thresholding** (voir le paragraphe suivant) ou obtenu via le menu Image Segmentation des coupes en choisissant **Edit New Label Field**.

5.1 Seuillage global

Lorsque les données sont suffisamment contrastées pour que les différentes régions puissent être séparées par leurs niveaux de gris, il suffit de définir des seuils globaux. Dans le menu Image Segmentation, choisir l'outil **Multi-Thresholding**, voir figure 37. Par défaut, Avizo définit deux régions, Exterior et Inside. Pour définir plusieurs régions, il faut ajouter les noms de matériaux dans la case **Regions** en les séparant par un espace. Il faut les classer dans l'ordre des niveaux de gris. Le bouton **Histo** permet d'accéder à l'histogramme et de visualiser la répartition des niveaux de gris pour mieux définir les seuils.

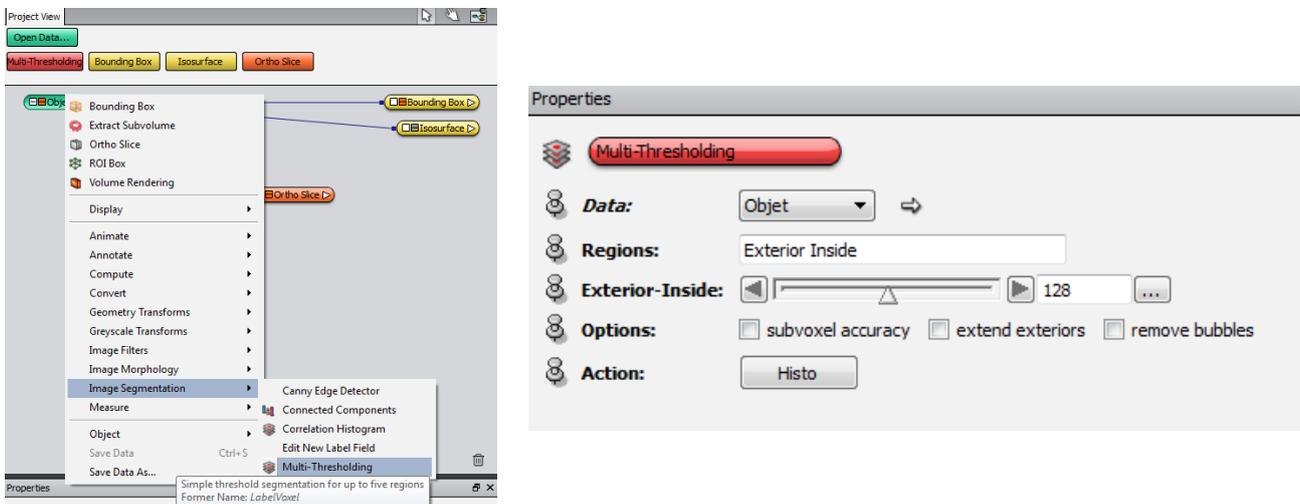


Figure 37: Outil de seuillage global Multi-Thresholding.

Par exemple, pour créer trois régions dans le cas du scan des restes dentaires de la figure 27, il faut caractériser les régions selon leurs seuils respectifs, voir figure 38. En cliquant sur Apply, un objet de type Labels est créé dans le Project View.

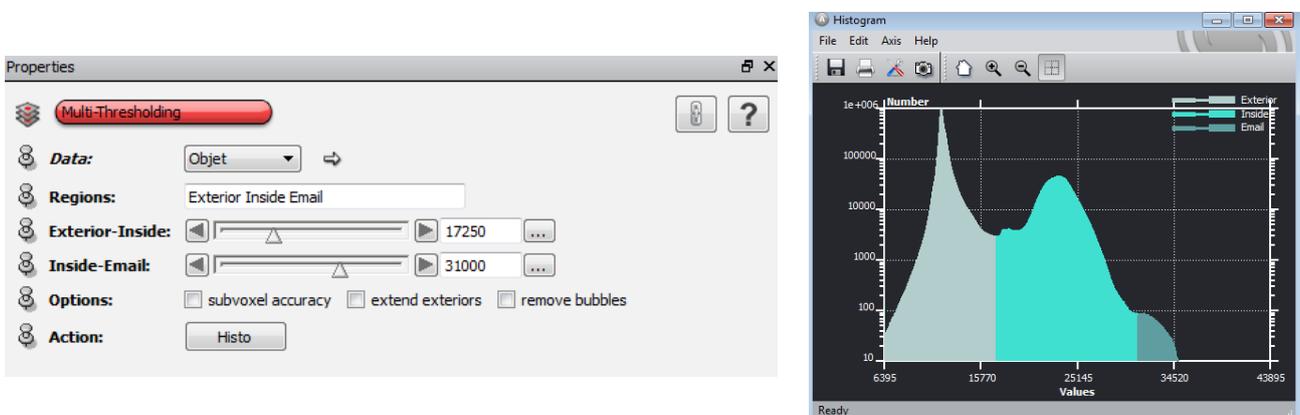


Figure 38: Exemple d'utilisation de l'outil Multi-Thresholding pour segmenter trois régions.

5.2 Éditer la segmentation

Dans les propriétés de l'objet Labels, sélectionner l'outil **Segmentation Editor** dont l'icône est une pile de coupes avec un point rouge. Une nouvelle fenêtre est disponible dans le Main Panel, à côté du Project View. La fenêtre principale est désormais constituée de quatre vues : la vue 3D et chacune des orientations xy, xz et yz. Pour se déplacer dans les vues, il faut agir sur le curseur situé en bas de chaque fenêtre. Par défaut, les matériaux Exterior et Inside sont définis et les pixels sont labélisés Exterior. Plusieurs modules permettent le traitement de la segmentation.

- le module Materials



Figure 39: Module Materials.

Il permet de gérer la liste des matériaux (ou régions) définis, figure 39. On peut ajouter un nouveau matériau en cliquant sur Add a new material, ou en supprimer en le sélectionnant dans la liste et en cliquant sur Remove. Les matériaux peuvent être affichés ou masqués en cliquant sur l'icône de l'oeil et verrouillés avec le cadenas. À partir d'un clic droit sur un matériau, il est possible de le renommer et de modifier sa couleur. La couleur du label sera affectée à la région générée. Pour le confort de la segmentation, il est plus facile de travailler avec des matériaux dont les couleurs sont vives.

- le module Zoom and Data Window



Figure 40: Module Zoom and Data Window.

Les modifications sont affectées à chacune des vues ou à celle sélectionnée seulement en choisissant All viewers ou Current Viewer. Le Data Window permet de changer l'affichage des vues ou influant sur le contraste. Pour cela, on choisit d'afficher les pixels dont le niveau de gris est plus élevé que la valeur de gauche et moins élevé que la valeur de droite. L'histogramme des niveaux de gris est représenté afin de faciliter le choix des seuils. Généralement, le seuil inférieur est choisi de façon à ne pas afficher les pixels correspondant à l'air, dont le niveau de gris est le plus bas et qui correspondent au pic de gauche de l'histogramme (figure 41).



Figure 41: Contrôle du contraste des vues par seuillage de l'histogramme.

- le module Selection

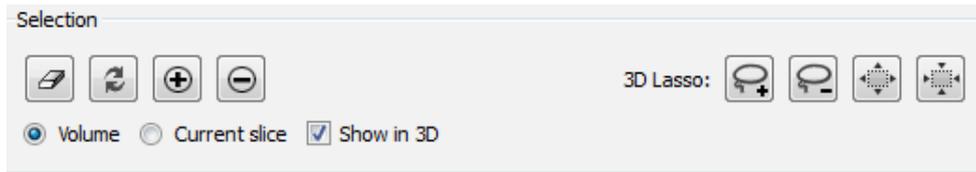


Figure 42: Module Selection.

Segmenter l'image avec Avizo consiste à colorier une zone d'intérêt et à l'attribuer à un matériau. La zone d'intérêt est choisie avec les outils proposés dans le module Tools et s'affiche en rouge dans les différentes vues. L'outil gomme efface **toute** la sélection. Le signe + permet d'ajouter la sélection au matériau choisi dans la liste et le signe - de l'enlever. Les outils 3D lasso sont utiles pour dessiner une zone d'intérêt directement dans la vue 3D et l'ajouter ou la soustraire à la sélection. Les outils Grow (resp. Shrink) sélection étendent (resp. restreignent) la sélection d'un pixel.

La sélection peut être affichée sur le volume entier ou seulement sur la coupe de travail. La case Show in 3D permet de visualiser la sélection dans la vue 3D. Cela s'avère pratique pour avoir une idée du rendu surfacique de la sélection mais peut être gourmand en terme de ressources. Aussi, pour alléger les calculs lorsque la sélection est importante, décocher cette case pour désactiver le rendu volumique.

- le module Tools



Figure 43: Module Tools.

- l'outil **Pick and Move** retrace la sélection d'un matériau donné en cliquant à l'intérieur d'une région déjà labélisée et la déplace (figure 44). La case All slices permet d'effectuer la manipulation sur l'ensemble des coupes de la région.

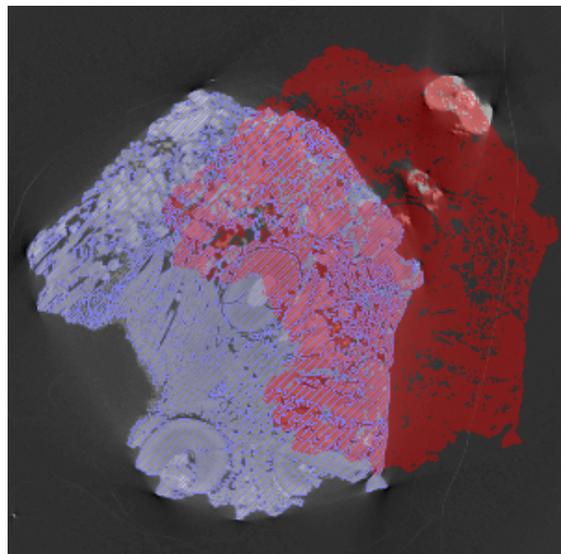


Figure 44: Exemple d'utilisation de l'outil Pick & Move. Une zone précédemment labélisée (hachures en violet) peut être sélectionnée (en rouge) et déplacée.

- l'outil **Brush** dessine directement la sélection à l'aide d'une brosse circulaire (ou carrée en cochant Square brush) dont la taille est paramétrable (figure 45). C'est l'outil de base d'édition de la segmentation. Pour faciliter la tâche, basculer la vue dans laquelle la sélection est la plus aisée en plein écran (avec l'outil de la figure 14) et zoomer au maximum. La case Same Material only permet d'empêcher la sélection d'une zone déjà labélisée. La case Limited range only permet de contraindre le dessin en bornant les niveaux de gris sélectionnables. **En maintenant la touche CTRL appuyée, l'outil Brush est une gomme.**

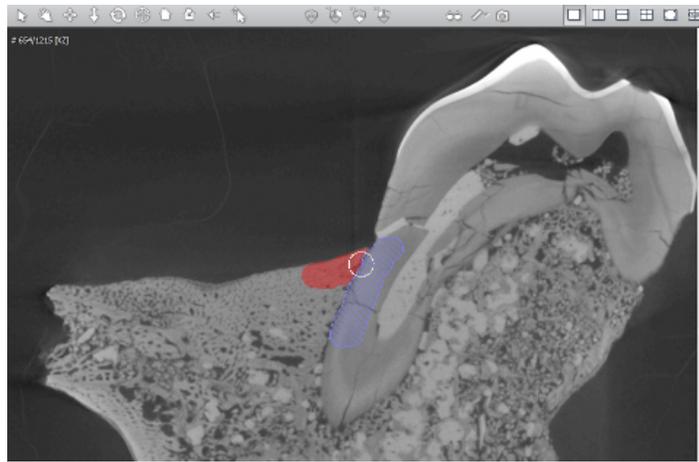


Figure 45: Exemple d'utilisation de l'outil Brush lorsque l'option Same material only est cochée. La nouvelle sélection (en rouge) ne peut pas dépasser sur une région déjà attribuée à un matériau (hachures en violet).

- l'outil **Lasso** définit une sélection en traçant son contour manuellement (freehand) ou à partir de formes prédéfinies (ellipse ou rectangle). L'option Auto trace adapte le dessin aux contours de l'image mais ne fonctionne que lorsque le contour est très net.
- l'outil **Magic Wand** permet de sélectionner une structure à partir d'un point donné et en procédant par seuillage. Cliquer dans un premier temps sur un point à l'intérieur d'une région d'intérêt. Le niveau de gris du point sélectionné apparaît en rouge dans l'histogramme, voir figure 46. Utiliser les curseurs pour réduire la portion d'histogramme correspondant à la structure désirée. Cocher la case All slices pour étendre la sélection aux coupes proches. L'outil Show in 3D du module Selection permet de visualiser la zone sélectionnée ainsi. La case Same Material only permet d'empêcher la sélection d'une zone déjà labélisée, voir section 6.1. La case Fill interior sert à remplir des trous dans la zone sélectionnée et ne fonctionne qu'en 2D.

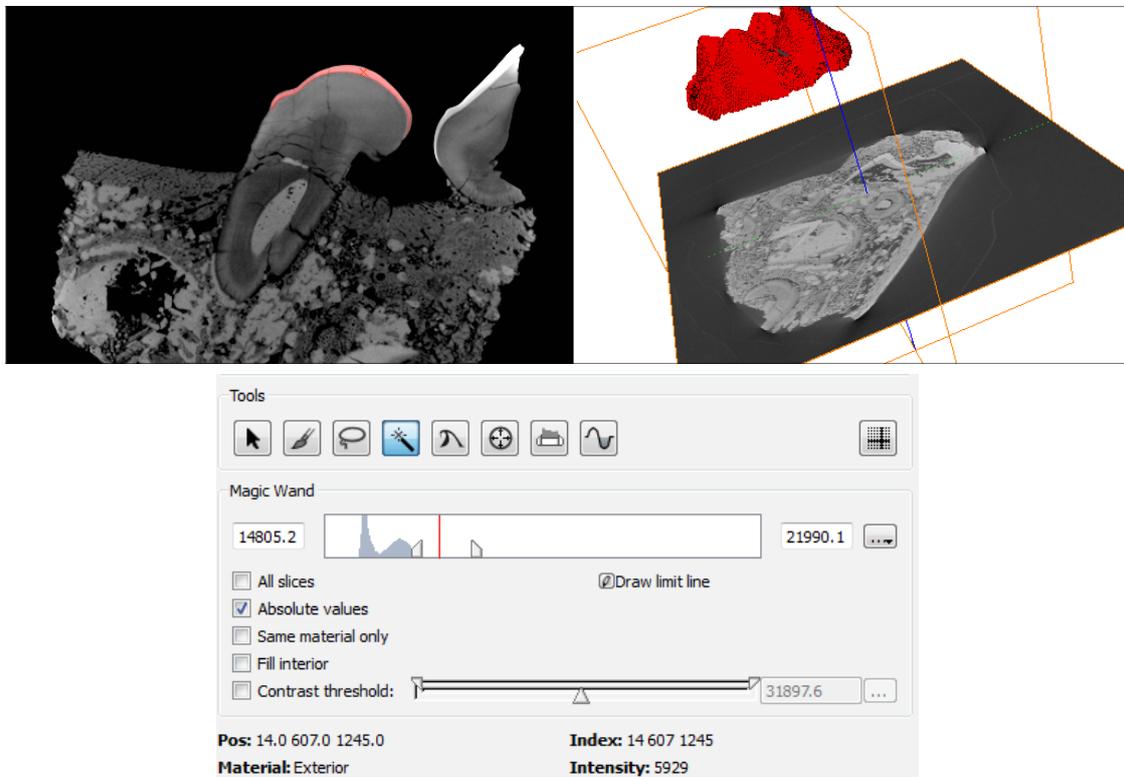


Figure 46: Exemple d'utilisation de l'outil Magic Wand. Le point sélectionné sur l'image apparaît sous la forme d'une croix rouge (haut à gauche) et d'une barre rouge dans l'histogramme (haut à droite). Réduire ensuite la zone de sélection de l'histogramme pour isoler la structure voulue. L'outil All slices étend la sélection et extrait la structure.

- l'outil **Propagating Contour** est basé sur le principe des contours actifs. À partir d'un point initial, la sélection va s'étendre itérativement pour remplir une structure en respectant ses contours. La déformation du contour actif à chaque itération va lui permettre de s'adapter aux contours de l'image. La propagation du contour est contrôlée par des paramètres de sensibilité aux contours, d'intensité de l'image, de courbure et d'attraction aux contours de l'image. Ces paramètres se règlent à partir de l'onglet Menu, figure 47. La propagation a lieu au niveau du volume 3D ou d'une coupe seule. Cliquer sur DoIt pour lancer les itérations. Lorsque le calcul est fini, faire défiler les itérations à l'aide du curseur Time. Si le résultat n'est pas satisfaisant, modifier les paramètres du contour. Pour changer le point initial, cliquer sur Clear.

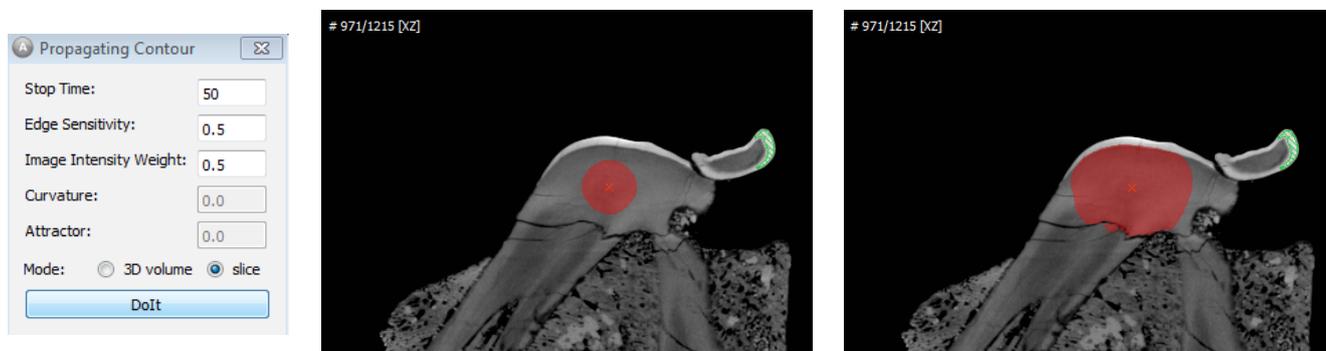


Figure 47: Propagation du contour actif. Gestion des paramètres (gauche) et résultat après 5 itérations (milieu) et 11 itérations (droite).

- l'outil **Blow Tool** étend la zone de sélection à partir d'un point par contrôle à la souris, figure 48. Les paramètres de Tolerance influent sur le contraste nécessaire aux contours de l'image pour contraindre le contour à ne pas les franchir. Avant le calcul, un filtrage est réalisé et le paramètre Gauss width contrôle le lissage du filtre.

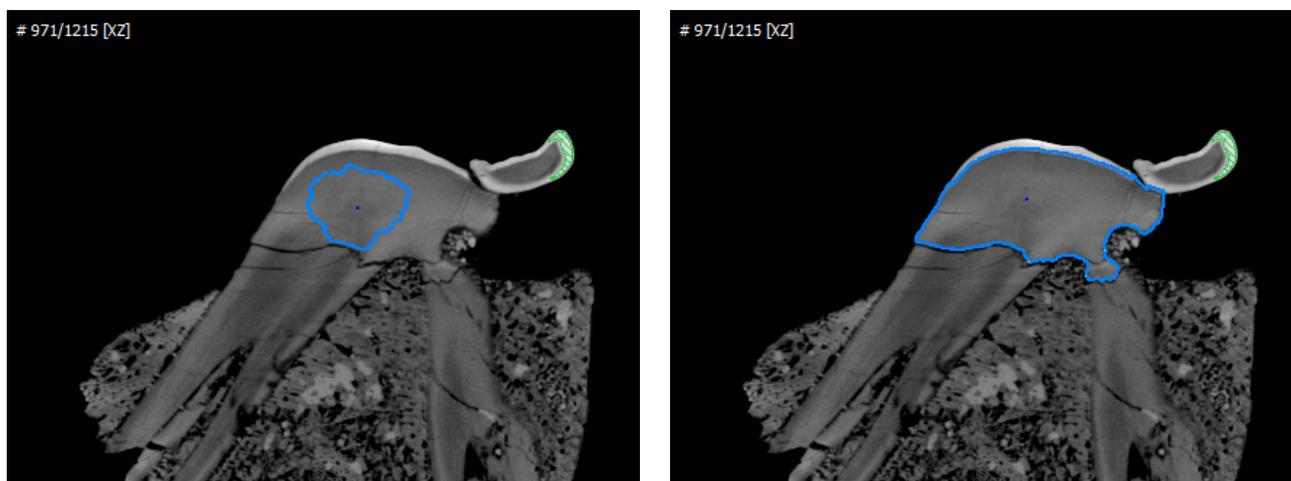


Figure 48: Étapes intermédiaire (gauche) et finale (droite) de propagation à l'aide de l'outil Blow.

- l'outil **Threshold** permet de seuiller globalement l'image. La case All slices propage le seuillage à l'ensemble des coupes et la case same Material only permet d'empêcher la sélection d'une zone déjà labélisée.
- l'outil **Watershed**
- l'outil **Display a crosshair** affiche la position du curseur dans chacune des vues en indiquant les coupes par des lignes de couleur.
- le module d'information situé en-dessous du module Tools renseigne sur le niveau de gris et la matériau attribué au point désigné par le curseur.

5.3 Créer les surfaces correspondant à la segmentation

La surface correspondant à la région labélisée peut être visualisée à tout moment de la segmentation. Pour cela, sélectionner l'outil **Generate Surface** depuis les labels dans Project View. Si plusieurs labels sont définis, les surfaces issues de chaque label sont créées. Veiller à définir des couleurs de label adaptées à la visualisation. Le paramètre **Smoothing** contrôle le lissage de la surface : none procure la surface brute et les commandes unconstrained ou constrained smoothing incluent une étape de lissage des labels avant la création de la surface.

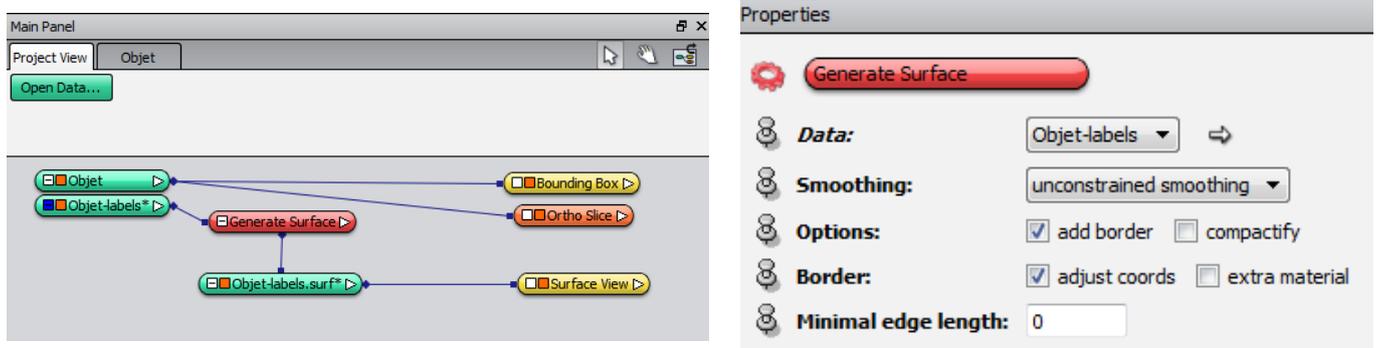


Figure 49: Création et visualisation des surfaces segmentées.

Lorsque la surface générée est trop grande (en terme de nombre de triangles générés), il est possible que le logiciel soit très lent pour générer la surface et/ou qu'il n'y parvienne pas. Un message d'erreur du type de celui de la figure 50 apparaît. Parfois, le logiciel parvient dans des temps raisonnables à calculer la surface, tenter en appuyant sur Continue. Dans le cas où cela ne fonctionne pas, il faut alors sous-échantillonner la surface. Pour cela, utiliser l'outil **Compute/Resample** à partir de l'objet labels. Cet outil permet de moyenniser les labels sur plusieurs voxels. Le facteur de réduction est spécifié dans le champ **Average**, voir figure 51. Il est préférable de réduire du même facteur dans chacune des directions.

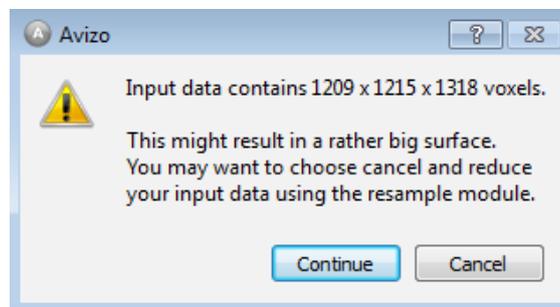


Figure 50: Message d'avertissement incitant à sous-échantillonner les labels.

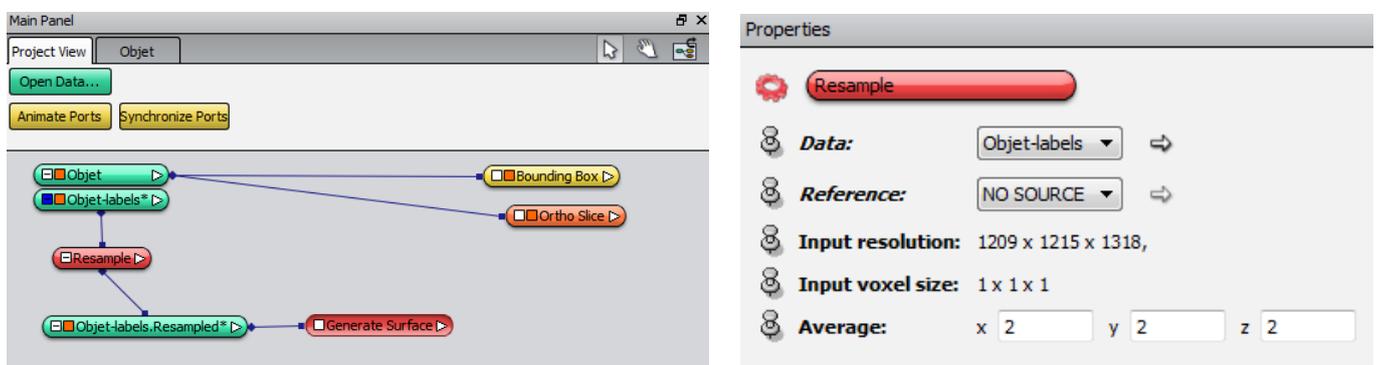


Figure 51: Sous-échantillonnage des labels pour réduire la taille de la surface générée.

Le résultat est stocké dans un objet de format .surf, voir figure 49. Les surfaces générées peuvent être sauvegardées au format Avizo (.surf) ou exportées dans d'autres formats (STL, PLY, etc).

6 Trucs et astuces pour la segmentation

6.1 Restreindre une sélection de l'outil Magic Wand

L'outil **Magic Wand** (baguette magique figure 43) étend la sélection d'une région d'intérêt à partir des niveaux de gris d'une image mais ne peut pas appréhender la notion de contours. Il arrive bien souvent que la structure à isoler soit adjacente à d'autres structures de niveau de gris similaire. L'exemple de la figure 52 montre le cas de la segmentation d'un fémur. Les valeurs de seuillage nécessaires à la sélection de l'os impliquent de sélectionner l'ensemble du squelette lors de la commande **All slices**.

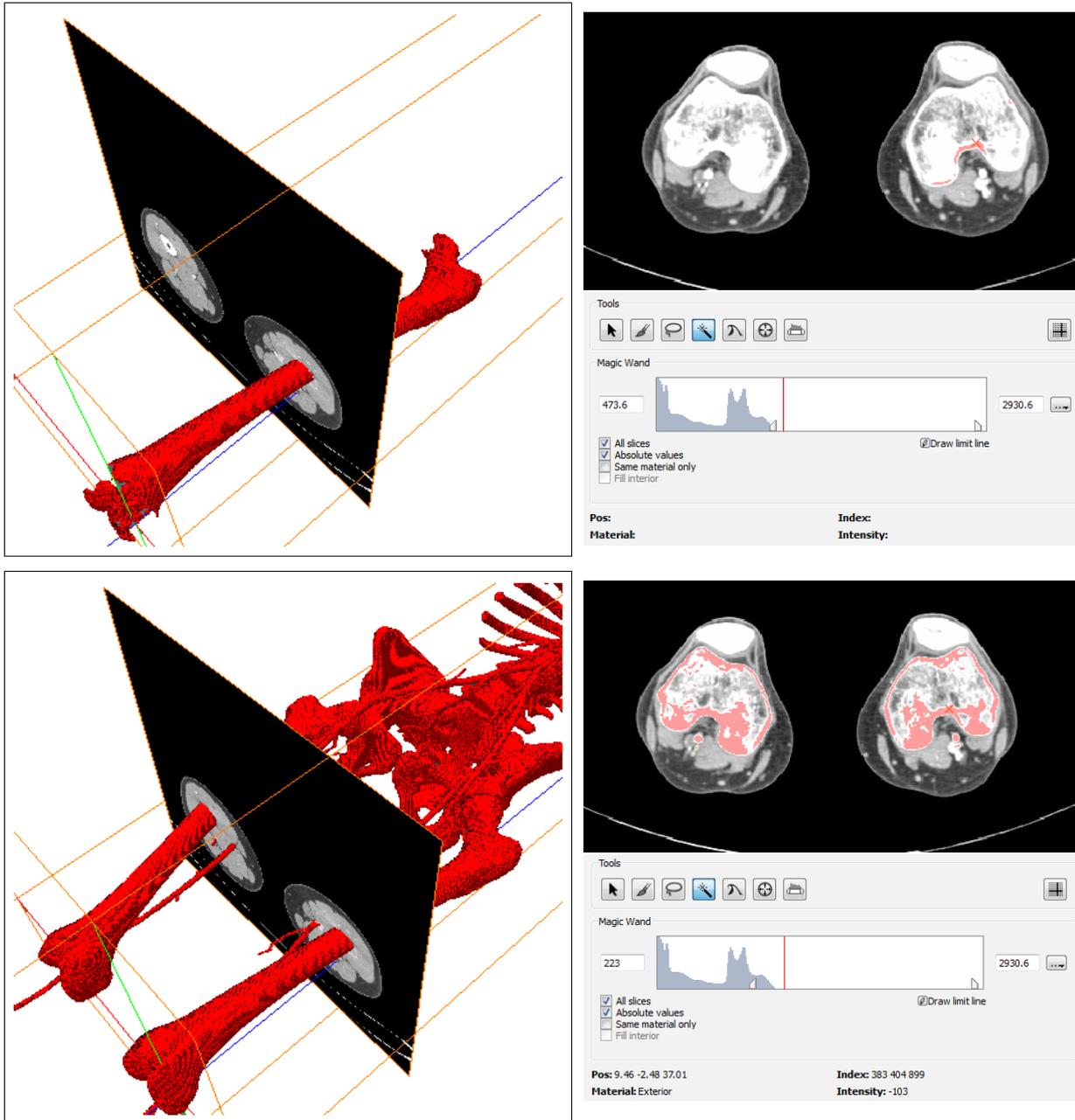


Figure 52: Pour parvenir à sélectionner entièrement la structure du fémur, un seuillage restreint des niveaux de gris ne suffit pas (images du haut). Cependant, un seuillage plus étendu entraîne la sélection de structures non intéressantes (images du bas).

Plutôt que de venir compléter manuellement la sélection des images du haut de la figure 52, il est possible de contrôler la propagation de la sélection en isolant la structure choisie.

6.1.1 Sur une coupe avec Draw limit line

L'option **Draw limit line** de l'outil Magic Wand permet de venir éditer une frontière à l'aide d'un crayon directement sur une coupe. La figure 53 présente le cas de la séparation de deux os. L'étendue de la baguette magique est limitée par la ligne dessinée. Noter que cette frontière n'est réalisée qu'en 2D et doit être décrite sur chaque coupe avant de propager en 3D avec l'option All slices.

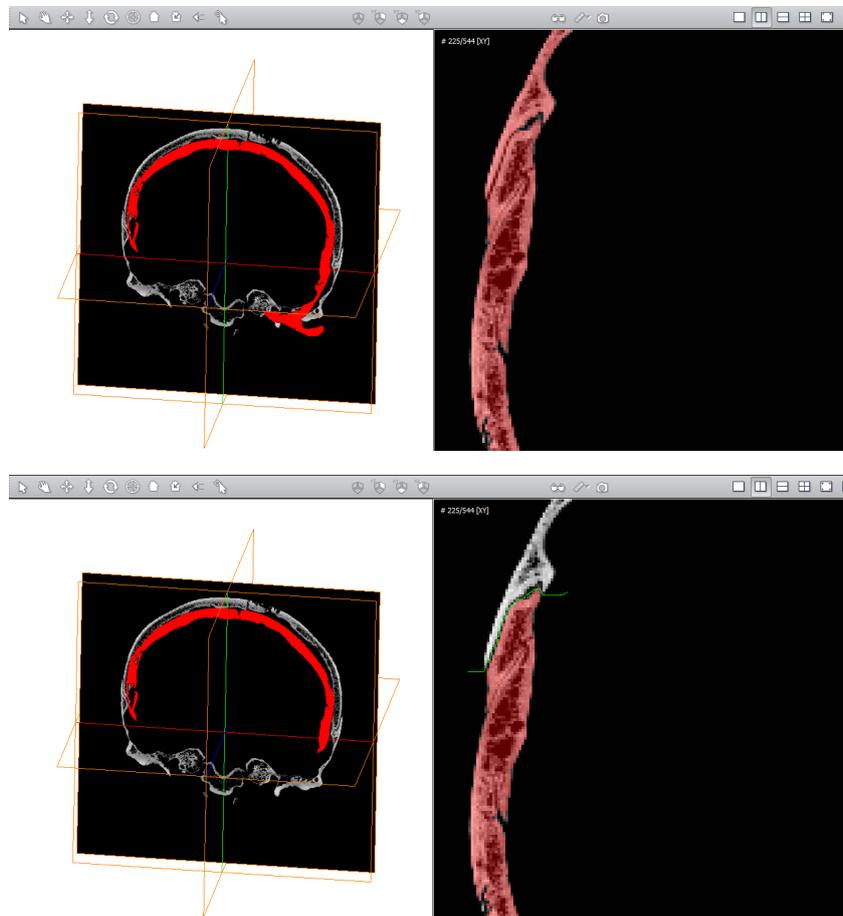


Figure 53: Il n'y a pas de valeurs de seuils pour la baguette magique permettant à la fois de sélectionner tout l'os et d'exclure l'autre (image du haut). Aussi, il faut venir dessiner la séparation avec l'outil Limit line avant de procéder à la propagation.

6.1.2 En créant un matériau frontière

Pour cela, définir un nouveau matériau qui servira de frontière lors de l'utilisation de la baguette magique. Repérer sur les coupes 2D les zones où le contact se fait entre la structure d'intérêt et les autres. Attribuer les pixels posant problème au nouveau matériau.

La figure 54 illustre cette méthode. Le matériau représenté en vert a été créé pour empêcher la propagation de la sélection à l'os voisin. Lorsque l'on utilise la baguette magique, l'option **Same material only** permet de contenir l'expansion de la sélection.

6.2 Générer la surface correspondant à un matériau en particulier

Si l'on souhaite visualiser la surface correspondant à un matériau, l'étape de rendu surfacique est inutilement alourdie par la génération de l'ensemble des surfaces. Pour isoler un matériau d'intérêt, utiliser l'outil **Compute/Arithmetic** à partir de l'objet labels. Dans les propriétés du module Arithmetic, vérifier que l'input A est la carte de labels, voir figure 55.

La carte de labels possède des valeurs entières numérotées 0 pour l'extérieur puis 1 pour le premier matériau de la liste, 2 pour le second etc. Pour extraire un matériau (par exemple le troisième) renseigner le champ **Expr**

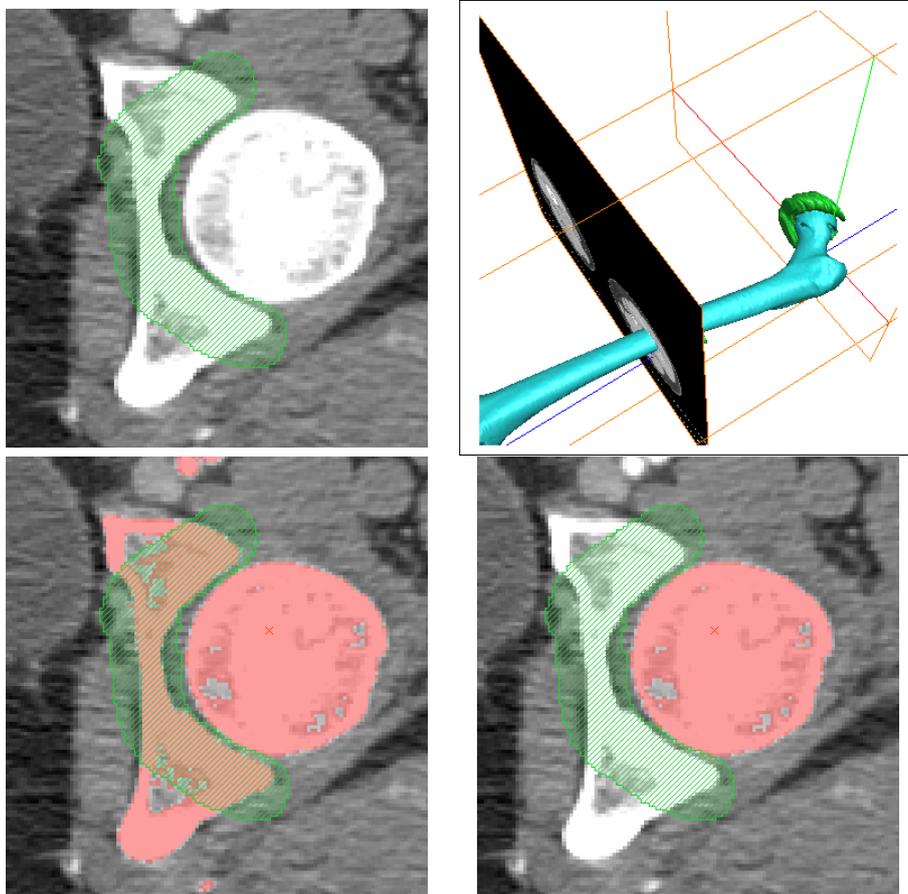


Figure 54: Délimitation de la structure par un autre matériau (en vert). Propagation avec All slices sans (bas à gauche) et avec (bas à droite) l'option Same material only.

par une formule de type $A==3$. Pour en extraire plusieurs, utiliser l'opérateur logique OU représenté par le signe $\|$ (AltGr+6). Par exemple, pour isoler les matériaux 2 et 4, l'expression est $(A == 2)\|(A == 4)$.

Cette manipulation permet de créer une carte de labels pour générer une surface. Par contre, cette carte n'est plus attachée à un jeu de données, il n'est donc pas possible de l'éditer. Pour générer une carte de labels éditable, voir la section 56.

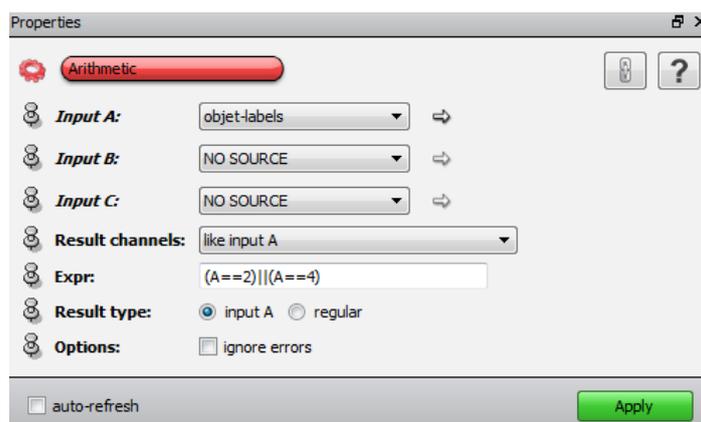


Figure 55: Module Arithmetic pour l'extraction d'un ou plusieurs matériaux donnés.

6.3 Réduire le nombre de labels aux matériaux d'intérêt

Lorsque de nombreux matériaux "de travail" sont créés, ceux-ci deviennent superflus. Bien entendu, il est possible de les supprimer. Mais si l'on souhaite les conserver pour des modifications ultérieures, il vaut mieux extraire les matériaux d'intérêt.

Pour cela, utiliser l'outil **Compute/Arithmetic** qui permet de générer un nouvel ensemble de labels à partir d'une opération arithmétique ou booléenne. Le module Arithmetic réalise une opération entre 1 à 3 objets. Pour séparer des labels, il faut lier le module aux images (input A) et aux labels (input B). Ces liens sont définis à partir de l'arborescence dans la fenêtre Project View où dans les propriétés, voir figure 56.

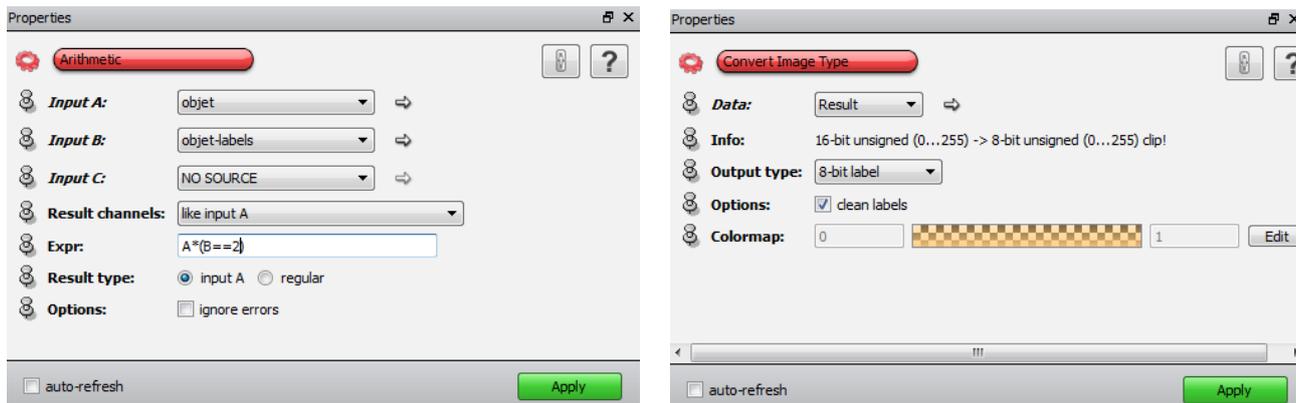


Figure 56: Propriétés de l'outil Arithmetic et l'outil ConvertImageType

L'opération est définie dans le champ **Expr** par une formule impliquant l'objet et les labels. Le détail de la construction de la formule est présenté dans la section 6.4.

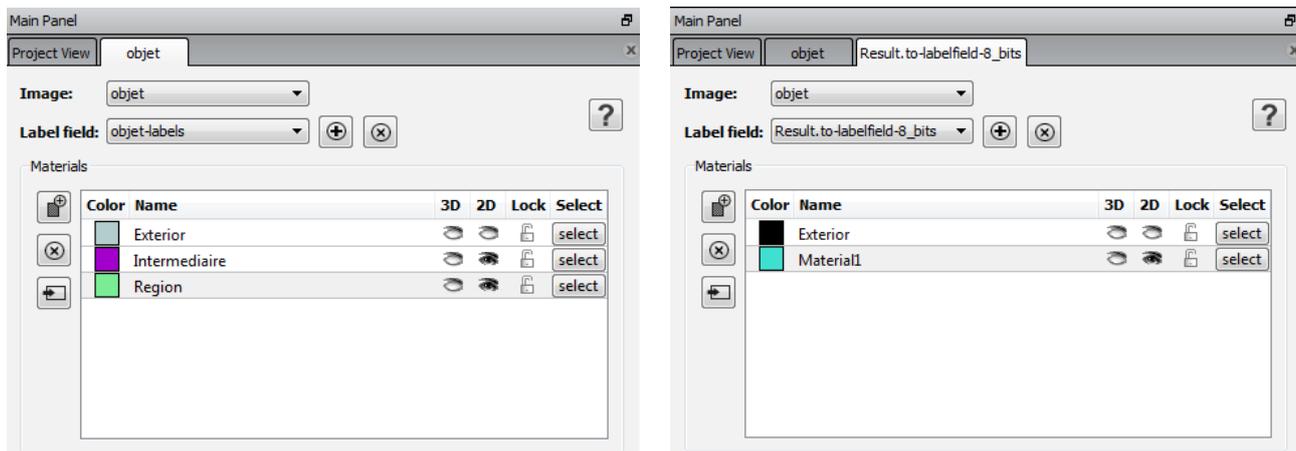


Figure 57: Module Materials de la segmentation de l'objet (objet-labels à gauche) et du résultat de l'opération arithmétique (Result.to-labelfield-8_bits à droite).

Pour obtenir une nouvelle carte de label, il faut convertir le résultat de l'opération avec l'outil **Convert/Convert Image Type**, voir figure 56 en modifiant le champ **Output Type** en 8-bit label. L'option **Clean labels** permet de supprimer ceux qui sont vides. Le résultat de cette conversion se comporte comme une nouvelle carte de labels. L'arborescence de cette manipulation est représentée dans la figure 58.

6.4 Opérations arithmétiques et booléennes sur les labels

Pour manipuler les labels, il faut partir d'un ensemble d'images en entrée A et d'une carte de labels en entrée B. L'objet créé sera du même type que A à savoir des images en niveaux de gris codées sur 16bits. La carte de labels possède des valeurs entières numérotées 0 pour l'extérieur puis 1 pour le premier matériau de la liste, 2 pour le suivant etc.

Pour trier les pixels de A à conserver, on réalise une multiplication entre A et un mask de valeurs 0 ou 1. Le pixel conserve sa valeur pour $A*1$. Il prend la valeur 0 pour $A*0$.

Dans l'exemple de la figure 57, la segmentation de la région d'intérêt a nécessité la construction d'un label intermédiaire que l'on ne souhaite pas conserver. Ici, le seul matériau à conserver est celui indexé 2. La formule permettant de l'extraire (figure 56) consiste à ne conserver que les pixels labélisés 2. L'équation logique $B==2$

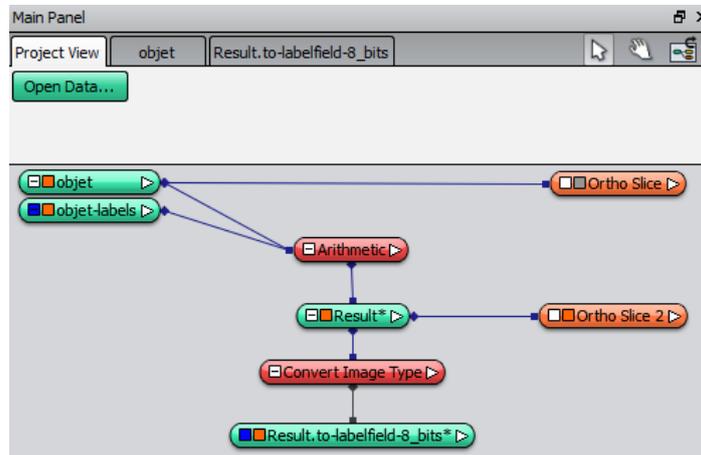


Figure 58: Étapes de la création d'une nouvelle carte de labels à partir d'une première segmentation contenant des matériaux à ne pas conserver.

aura pour résultat 1 (true) pour les pixels labélisés 2 et 0 (false) pour tous les autres. Ainsi l'expression complète de cette opération arithmétique est $A \times (B == 2)$.

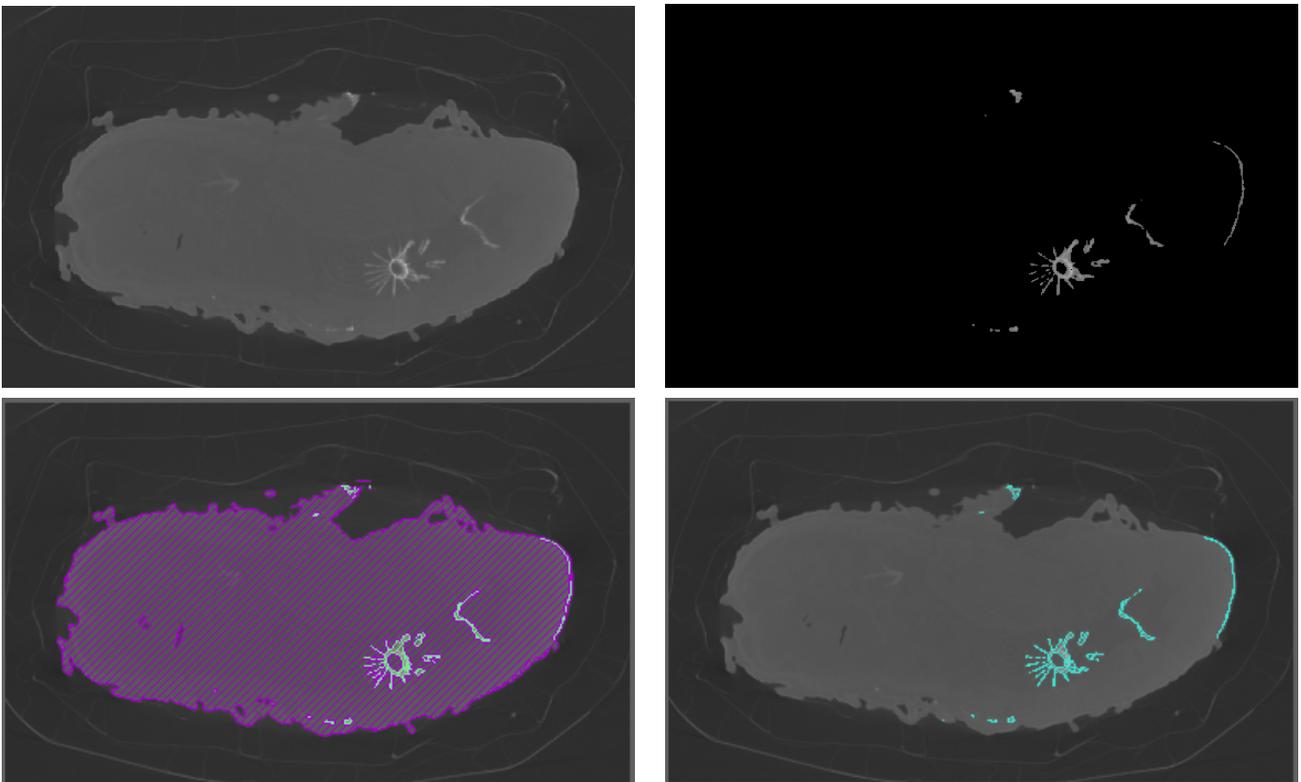


Figure 59: Effet de l'opération Arithmetic présentée sur la figure 58. Image originale (haut à gauche) et image de résultat (haut à droite). Labels originaux (bas à droite - intermédiaire en violet et région en vert) et Labels issus de résultat (bas à droite - matériel en bleu).

Il est possible de réunir deux matériaux au sein d'un même label. Pour cela, il faut utiliser l'outil Arithmetic présenté dans la section 56 et l'opération booléenne OU représenté par le signe $\|$ (AltGr+6). Pour créer un nouveau label en unissant les labels 1 et 3 de B, l'expression est $A \times (B == 1) \| (B == 3)$. Pour le cas où les labels à unir sont indexés à la suite (par exemple 3,4 et 5), les opérateurs $>$ et $<$ sont également proposés. L'expression sera de type $A \times (B > 2)$.

7 Exploiter les résultats

7.1 Réaliser des mesures

L'outil de mesure est accessible depuis le menu **Create/Measure/Measurement** ou depuis la barre d'outils de la figure 13. L'onglet Propriétés propose d'éditer des distances ou des angles 3D. Le pick mode doit être **Accurate** plutôt que Fast et le **Snapping** (l'aimant) doit être désactivé, voir figure 60.

Le curseur d'interaction affiche un M pour indiquer qu'il est possible de placer un point. Pour modifier un point déjà existant, cliquer sur celui-ci et le déplacer en maintenant le bouton gauche appuyé. Dans le cas de la mesure d'un angle, manipuler les points situés au milieu des segments pour ne déplacer qu'un point à la fois. À tout moment, basculer dans l'environnement Trackball (la main) pour manipuler l'objet et l'orienter dans la configuration où le point est le plus accessible.

La couleur et les dimensions du label de la mesure sont éditables à partir des menus Text, Callout Properties et Shape Properties.

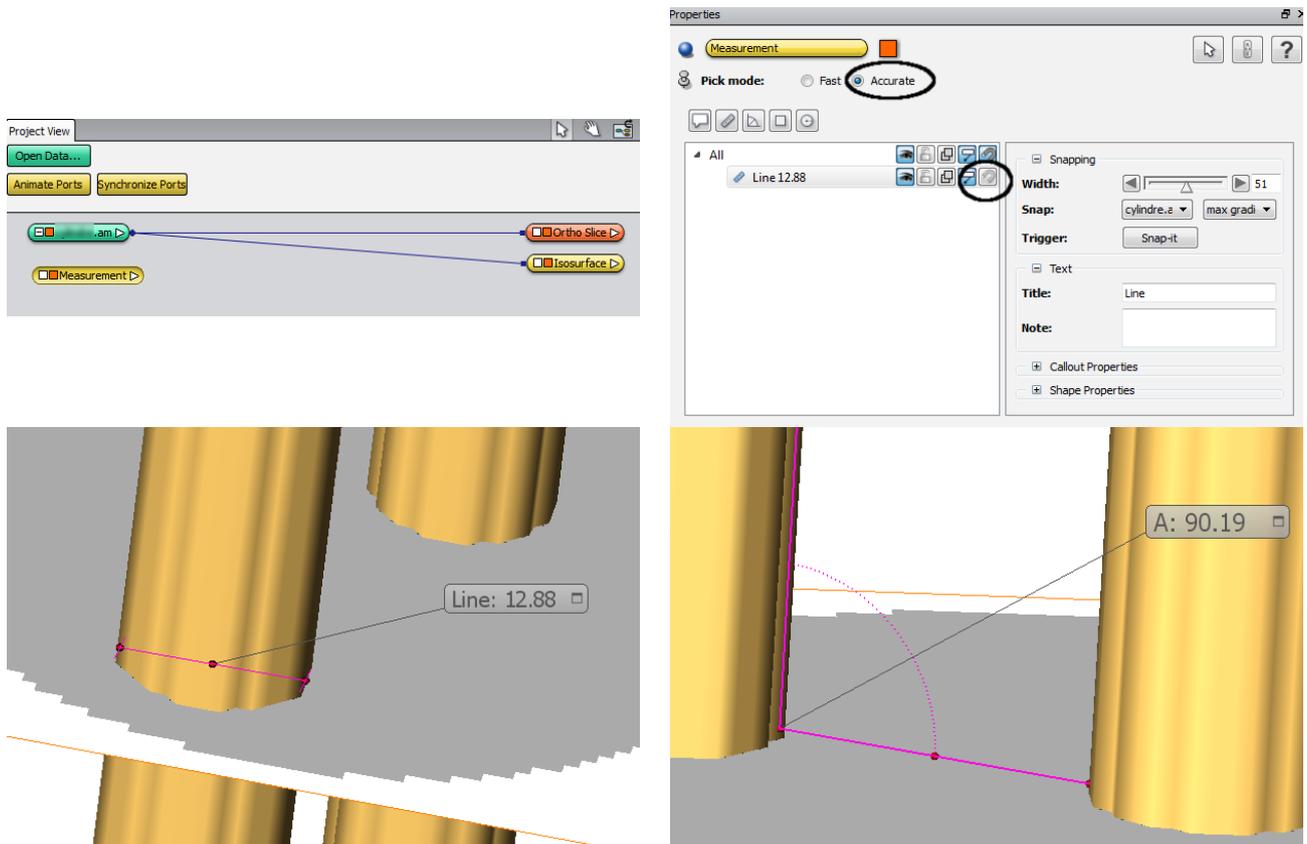


Figure 60: L'outil Measurement (haut) et des calculs de distance 3D sur une isosurface (bas à gauche) ainsi que d'un angle 3D (bas à droite).

7.2 Exporter des captures d'écran

Pour sauvegarder l'image de la fenêtre principale, utiliser l'outil **Snapshot** de la barre d'outils en figure 13. La vue peut être exportée vers un fichier, une imprimante ou copiée dans le presse-papiers. Les dimensions de l'image sont liées à la résolution de l'écran par défaut mais il est possible de les modifier dans **Offscreen width et height**.

Choisir un nom de fichier et une destination ainsi qu'un format. Noter que le format PNG accompagné d'un export de type **rgb alpha** permet de rendre le fond transparent. Cela rend l'image plus facile à importer dans des documents type présentations ou posters.

Les informations sur l'image exportée de la figure 61 ont été ajoutées avec les outils suivants :

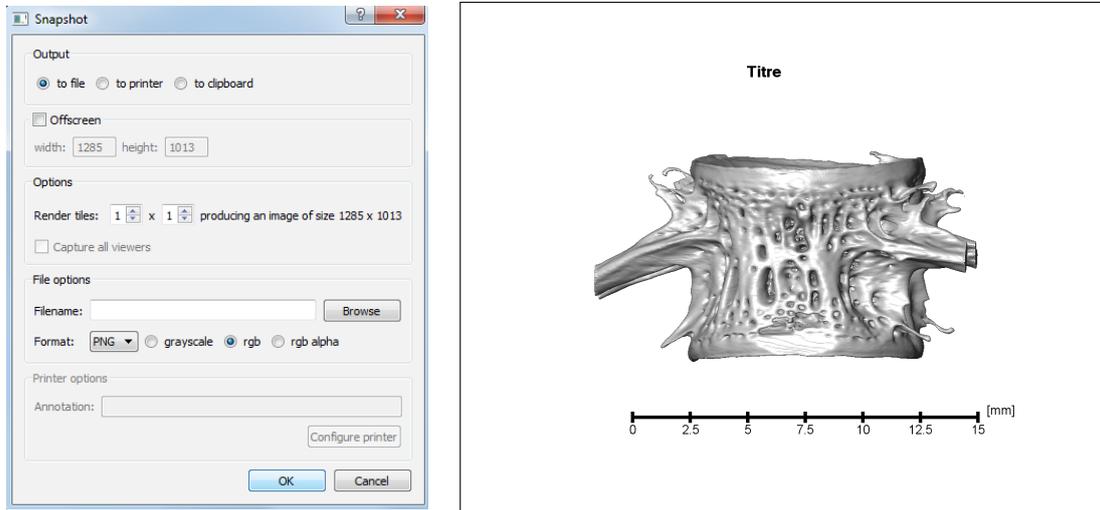


Figure 61: Enregistrer une vue de la fenêtre principale.

L'outil **Create/Scalebars** permet d'ajouter une échelle à l'image. Les propriétés de l'échelle sont éditables dans les propriétés, voir figure 62.

- **Data** : renseigne les données à caractériser par l'échelle
- Pos x, Pos y : place l'origine de l'échelle de l'image
- Size x, size y : modifie la longueur de l'échelle
- Frame : indique les axes renseignés par l'échelle
- Reverse : permet de graduer à l'envers
- Ticks et Sub-ticks : modifie les graduations
- **Unit** : renseigne l'unité. Le plus souvent, en mm.
- Color, Line width, Font : modifie la police de l'échelle. Ne pas hésiter à augmenter sa taille pour qu'elle soit bien visible sur l'image exportée car celle-ci sera probablement réduite.
- Fixed size, XFactor, Yfactor : ces paramètres influent sur la taille de l'objet. Ne pas les modifier.

L'outil **Create/Caption** permet d'ajouter une annotation ou un titre à l'image.

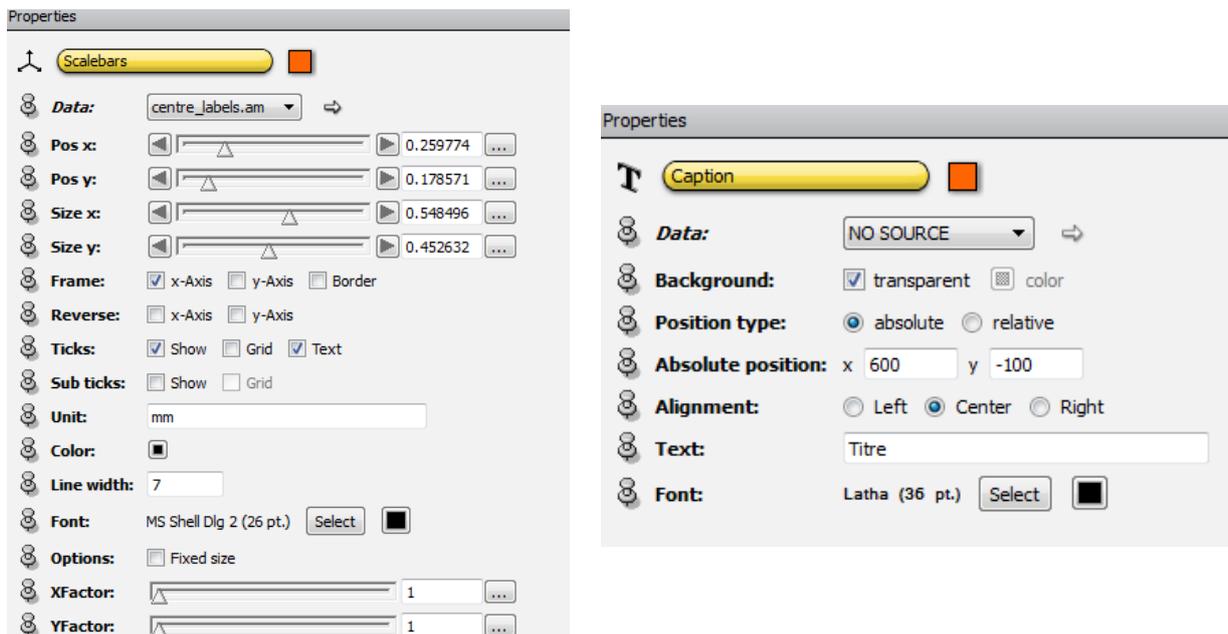


Figure 62: Outils Scalebars et Caption d'édition des images pour l'export.

7.3 Créer un film

Pour enregistrer un film, il faut d'abord constituer une démo avec l'outil Demo Maker **Create/Animation/Demo Maker**, voir figure 63. La démo se présente sous la forme d'une succession d'évènements à créer dans Event List. Chacun se produira à un instant à définir entre les valeurs 0 et 1.

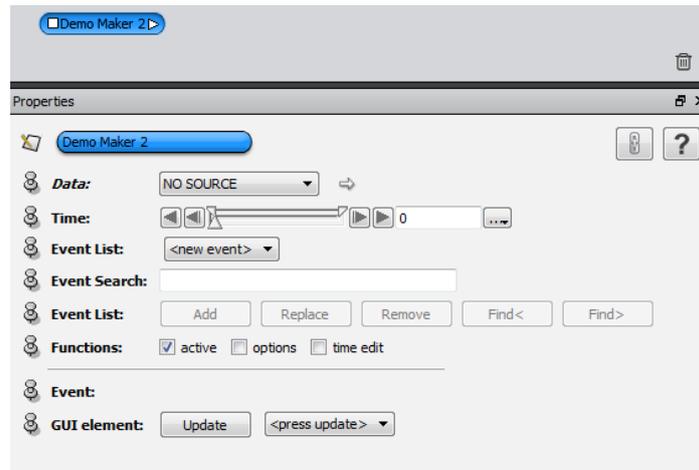


Figure 63: Outil Demo Maker.

Les différents objets présents dans le Project View doivent être tels que souhaités pour le début de la vidéo en terme de positionnement, couleur, etc. Pour changer la couleur du fond, plusieurs options sont proposées dans **View/Background....** Il est possible d'afficher un repère ou une grille avec l'objet Global Axes depuis le menu **View/Axis**.

7.3.1 Organiser la séquence de démo

L'outil Demo Maker est composé de deux parties : la gestion de la séquence d'évènements en haut et la gestion des évènements en particulier dans la partie Event (en-dessous du trait).

Pour ajouter des évènements, cliquer sur **Update** dans le menu GUI element. Le menu déroulant à côté du bouton Update va alors proposer la liste de tous les évènements possibles liés aux objets présents dans Project View. **Si l'on ajoute de nouveaux objets dans Project View par la suite, il faut veiller à cliquer à nouveau sur Update pour que les évènements permettant de les inclure dans la démo soient disponibles dans le menu déroulant.**

Les différents évènements et leur paramétrage seront détaillés dans les paragraphes suivants. Lorsqu'un évènement est configuré, l'ajouter à la séquence en cliquant sur le bouton **Add**. Il sera possible de l'éditer en cliquant sur **Replace** ou de le supprimer en cliquant sur **Remove**. Le menu Time propose de visualiser la démo en cliquant sur le bouton lecture.

Dans les propriétés de chaque objet, des connections (en italique) ou des ports sont définis, voir le module Surface View en figure 64. Chaque port peut être modifié lors de la démo. Par exemple, pour rendre un objet transparent, il suffit de choisir l'évènement qui permet de modifier le port Draw Style de l'objet Surface View dans la liste d'évènements, voir figure 65. L'évènement est décrit par son action (changer l'apparence de la surface de shaded vers transparent) et le moment de déclenchement.

7.3.2 Rotation de la caméra

Pour filmer une rotation de l'objet, créer l'objet Camera-Orbit à partir du menu **Create/Animation/Camera Orbit**. Choisir l'axe de rotation dans le menu déroulant du menu Action. Il est possible de définir un mouvement de rotation continu en choisissant Loop plutôt que Play once dans le menu déroulant ... du menu Time.

Dans l'outil Demo Maker, choisir l'élément Camera-Orbit/Time dans le menu déroulant du menu Gui element, voir figure 67. Définir les angles de départ et d'arrivée de la rotation dans Start/End value. Les valeurs sont

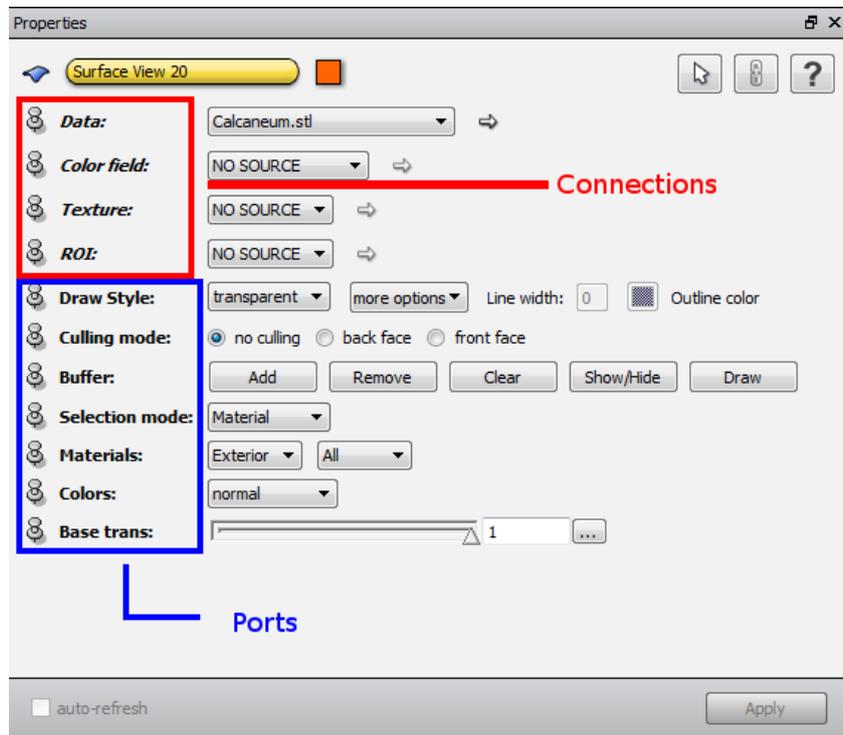


Figure 64: Description d'un module.

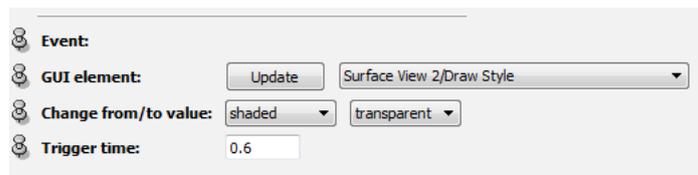


Figure 65: Création d'un évènement qui rend la surface transparente à l'instant $t=0.6$.

définies en degré et doivent se situer dans l'intervalle $[0-360]$. Définir la durée de la rotation par les moments de début et de fin dans Start/end time. Les valeurs doivent se situer dans l'intervalle $[0-1]$ et ne correspondent pas à une unité de temps.

7.3.3 Affichage coupe par coupe

À partir de l'objet OrthoSlice, l'évènement SliceNumber permet de faire défiler les coupes selon une orientation. Pour animer le parcours des coupes, il suffit de paramétrer l'évènement Ortho Slice/Slice Number en définissant les coupes de départ et d'arrivée ainsi que les instants de début et de fin du parcours.

Une animation intéressante consiste à afficher une surface graduellement, coupe par coupe. Pour cela, il faut créer l'évènement Surface View/ Clig using Ortho Slice et définir l'instant où l'évènement apparaîtra (Toggle to value **on** à l'instant Trigger time). Un évènement Ortho Slice/Transparency est également nécessaire pour configurer la transparence de l'objet Ortho Slice à la valeur **alpha**.

7.3.4 Transparence progressive

Pour qu'un objet devienne progressivement transparent pendant l'animation, il faut qu'il soit désigné comme transparent initialement dans le menu Draw Style des propriétés de la surface. Le curseur Base trans permet de régler la transparence entre 0 (normal) et 1 (invisible). Sélectionner alors l'évènements Surface View/Base Trans pour faire évoluer la valeur de transparence entre deux instants.

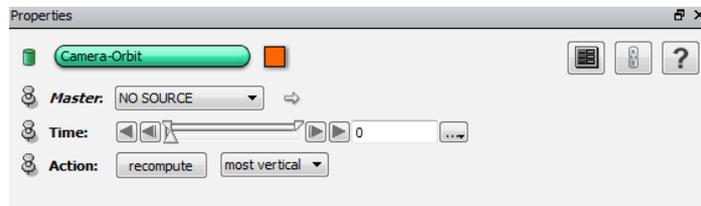


Figure 66: Outil Camera Orbit.

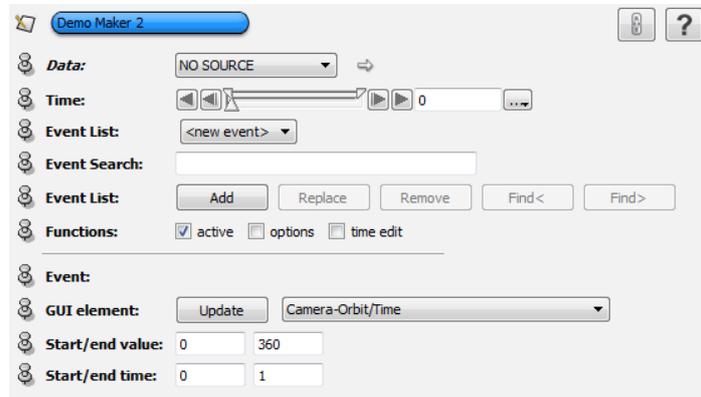


Figure 67: Paramétrer la rotation de la caméra.

7.3.5 Convertir la démo en film

Pour exporter la séquence programmée par Demo Maker, il faut créer l'objet Movie Maker (figure 68) à partir de la liste proposée en faisant un clic droit sur l'objet Demo Maker. Choisir le format du film (MPEG ou AVI) ainsi qu'un nom pour le fichier. Le nombre d'images (frames) va déterminer la longueur de la vidéo. Le bouton Apply permet de lancer l'export.

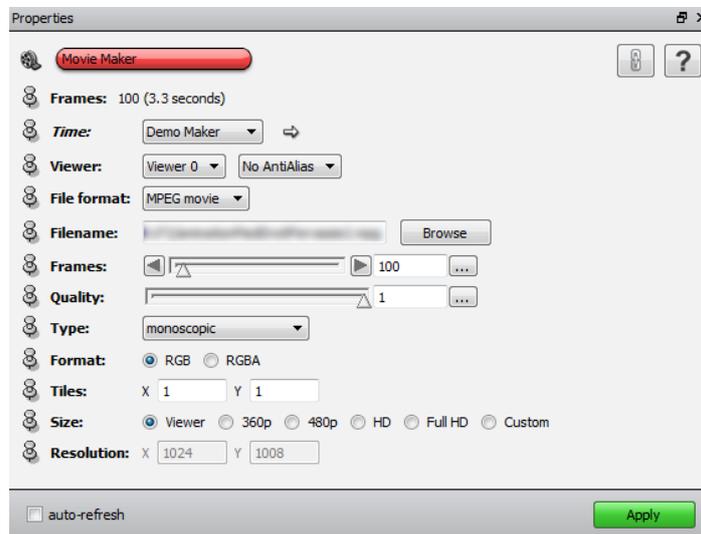


Figure 68: Conversion de la démo en une vidéo avec l'outil Movie Maker.