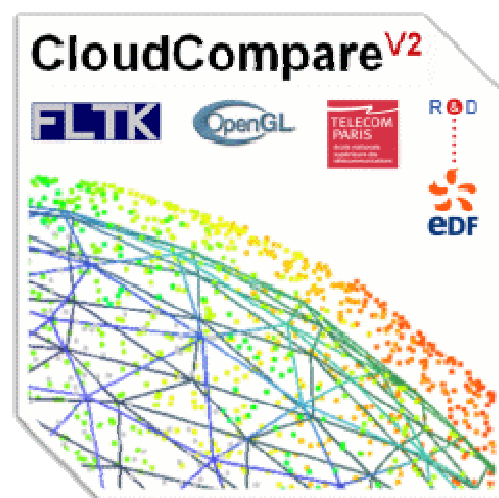




GUIDE DE L'UTILISATEUR

Rédacteur(s)		
Daniel Girardeau-Montaut (DGM)		
Version : 1		Date : 16/01/2007

Sommaire

1	INTRODUCTION	3
1.1	ASPECT TECHNIQUE.....	4
1.2	PLAN	5
2	INTERFACE.....	6
2.1	FENETRES PRINCIPALES	6
2.1.1	Fenêtre « 3D Views »	7
2.1.2	Fenêtre Main Menu	11
2.2	ARBRE DE NAVIGATION	13
2.2.1	3D Points (nombre)	14
2.2.2	Colors	15
2.2.3	Norms.....	15
2.2.4	Polylines (nombre)	15
2.2.5	Context.....	15
2.2.6	Mesh	15
2.2.7	Scalar Fields	16
2.2.8	Octree.....	18
2.2.9	Images.....	19
2.2.10	Misc	20
2.2.11	Sensors (nombre)	20
3	FONCTIONS	22
3.1	FONCTIONS ACCESSIBLES VIA LA BARRE D'ICONES	23
3.1.1	Gestion des fichiers	24
3.1.2	Gestion des entités 3D	25
3.1.3	Fonctions relatives de calcul de distances.....	26
3.1.4	Fonctions d'édition et de visualisation.....	36
3.1.5	Fonctions de gestion des champs scalaire	40
3.1.6	Fonctions relative au calcul de Portion de Ciel.....	44
3.2	FONCTIONS ACCESSIBLES VIA LE MENU	46
3.2.1	Colors	46
3.2.2	Normals.....	50
3.2.3	Octree.....	52
3.2.4	Triangulation.....	54
3.2.5	Sensors	55
3.2.6	Scalar Field	57
3.2.7	Segmentation.....	63
3.2.8	Modify.....	65
3.2.9	Develop	67
3.2.10	Misc	68
3.2.11	Autres	70
4	ANNEXES	71
4.1	FORMATS DE FICHIERS	71
4.1.1	Fichiers de primitives 2D/3D reconnus :	71
4.1.2	Chargement	71
4.1.3	Sauvegarde	71
4.1.4	Formats spéciaux	71



1 Introduction

CloudCompare est un logiciel de gestion et de comparaison de nuages de points 3D (ainsi que de maillages 3D dans une certaine mesure). Son développement a été initié dans le cadre d'une thèse CIFRE financée par EDF R&D et encadrée par l'Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications (ENST – Telecom Paris, Laboratoire TSI, équipe TII). Dans ce sens, il n'est pas voué à un usage commercial. C'est avant tout une plateforme de démonstration des algorithmes étudiés ou développés dans le cadre de cette thèse.

Ce logiciel est avant tout pensé pour traiter des nuages de points. Et bien qu'il soit capable aujourd'hui de gérer aussi des maillages triangulaires ou des ensembles de polygones 3D, ces entités restent avant tout pour CloudCompare des nuages de points (les sommets) munis d'une structure particulière qu'est le maillage ou les polygones, à côté de nombreuses autres (octree, couleurs, normales, champs scalaires, photos calibrées, etc.). L'utilisateur est donc invité à toujours garder cette particularité à l'esprit lorsqu'il utilise CloudCompare, et il devra en particulier toujours faire attention au rôle de chaque entité 3D dans les traitements proposés par ce logiciel.

Il a été développé en grande partie par Daniel Girardeau-Montaut (DGM), avec des participations de Salma Bougacha (SM, stagiaire à EDF R&D en 2004) qui ne figurent pas ici et Raphaël Marc (RM, Ingénieur chercheur à EDF R&D), ainsi que des éléments gracieusement fournis par Florent Duguet (FD), alors doctorant à Telecom Paris.

Daniel Girardeau-Montaut

1.1 Aspect technique

CloudCompare est développé en C++, avec Microsoft Visual C++ 7.1 (.NET 2003) sous Windows. Il est censé être portable sous Linux (non encore testé). Il utilise la librairie graphique 3D OpenGL pour l'affichage des primitives géométriques, la librairie libre FLTK (version 1.1.6) pour l'interface graphique, et la librairie Triangle (Jonathan Richard Shewchuk, Berkeley University) pour les fonctions de triangulation de nuages de points.



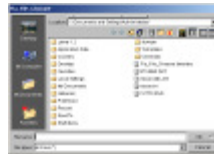
<http://www.opengl.org>



<http://www.fltk.org>

A cela s'ajoutent les librairies suivantes :

- FLU 2.14 (Jason Bryan), extension de FLTK qui apporte différents éléments d'interface évolués (comme un arbre de navigation et des barres de progression chronométrées).



<http://www.osc.edu/~jbryan/FLU/>

- RPly (Diego Nehab, Princeton University), librairie de chargement et sauvegarde de fichiers de primitives 3D au format PLY de Stanford. Cette librairie a été légèrement modifiée par DGM pour un fonctionnement optimal sous Windows.



<http://www.cs.princeton.edu/~diego/professional/rply/>

- CyberX3D (Satoshi Konno), librairie de chargement et sauvegarde de fichiers VRML et X3D.



<http://www.cybergarage.org/vrml/cx3d/cx3dcc/>



1.2 Plan

On commencera par décrire l'interface graphique de *CloudCompare* avec la position des éléments majeurs. On détaillera aussi certains outils de manipulation interactive des nuages de points et le fonctionnement des différents éléments graphiques permettant la gestion des entités 3D chargées en mémoire (section 2). Enfin, on détaillera chaque fonction de CloudCompare dans l'ordre où elles apparaissent dans la barre d'icône principale (section 3.1) puis dans le menu « List Operations » pour les autres (section 3.2).

Un descriptif rapide et une liste des formats de fichiers gérés par CloudCompare est disponible en Annexes (section 4).

2 Interface

2.1 Fenêtres principales

L'interface de CloudCompare est constituée de deux fenêtres principales.

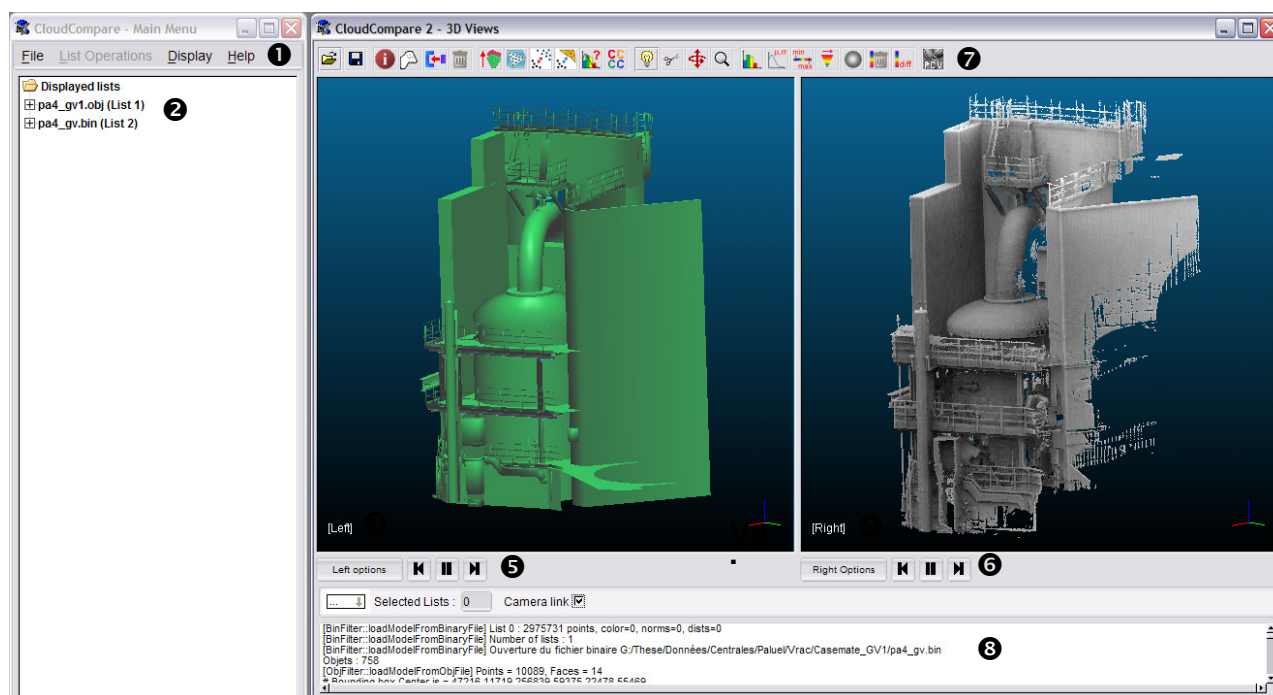


Figure 1 - Interface générale de CloudCompare

La première fenêtre (Figure 1, à gauche), titrée « Main Menu¹ », présente la liste des entités 2D/3D chargées en mémoire grâce à un arbre de navigation (❷ - Cf. section 2.2) ainsi qu'un menu permettant d'accéder aux fonctions principales de gestion et de traitement de ces listes (❶ - Cf. section 2.1.2.1).

La seconde fenêtre (Figure 1, à droite), titrée « 3D Views », est divisée en deux sous-fenêtres, qu'on désignera par le terme « contexte graphique » respectivement *gauche* (❸) et *droite* (❹). Ces contextes permettent un affichage en 3D des entités gérées par CloudCompare.

Au dessus des deux contextes graphiques figure une barre d'icônes (❺) permettant un accès rapide aux fonctions principales du logiciel (redondant avec la barre de menu de la fenêtre principale).

En dessous de chaque contexte figurent un ensemble de quatre boutons (❻&❼) permettant de gérer leurs propriétés d'affichage (le rôle de chacun des boutons est détaillé en section 2.1.1.3).

¹ « Menu principal » en français

Enfin, au bas de cette fenêtre se trouve une console (❸) qui donne un historique et des informations sur les fonctions exécutées (cette console est rétractable en appuyant sur le bouton située juste au dessus, à gauche).

❹ Les entités 3D chargées apparaissent donc à la fois sous forme d'éléments développables dans l'arbre de navigation (❶) et sous forme graphique dans un des deux contextes OpenGL (❸&❹). Il est possible de modifier le contexte dans lequel est affichée chaque entité (pour superposer différentes entités par exemple). Tout ceci sera détaillé dans les sections suivantes.

2.1.1 Fenêtre « 3D Views »

2.1.1.1 Contextes graphiques

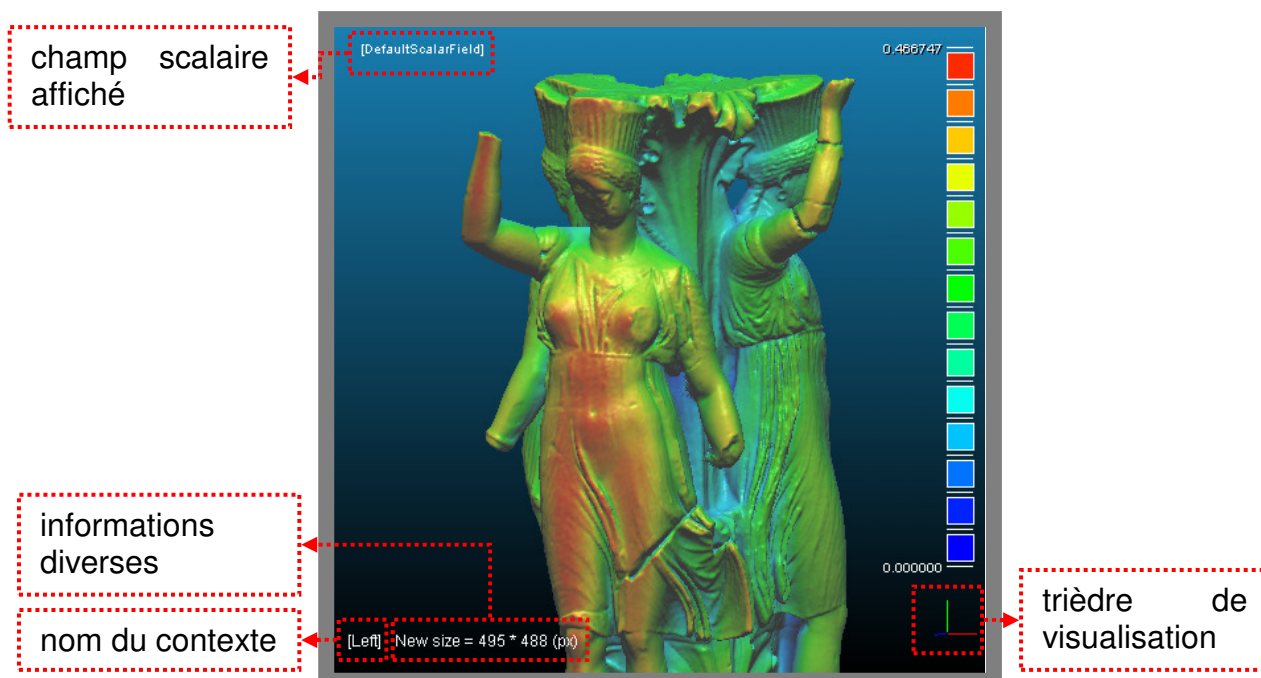


Figure 2 - Contexte OpenGL

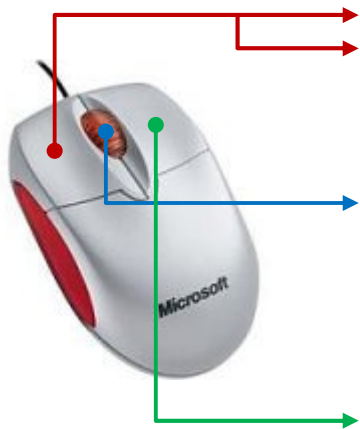
L'affichage des primitives 2D/3D est divisé en deux parties, dénommées « contextes ». Cette division s'explique originellement par le fait que l'opération élémentaire de comparaison se fait entre deux ensembles. Il fallait ainsi pouvoir visualiser ces deux ensembles de manière indépendante, sans interférence graphique de l'un sur l'autre. D'un point de vue « technique », chaque contexte correspond à un contexte OpenGL² indépendant de l'autre (la gestion du point de vue et des paramètres d'affichage est propre à chacun).

En bas à gauche de chaque contexte figure une représentation des axes 3D, le « trièdre de navigation » : x (rouge), y (vert) et z (bleu). Il rappelle l'orientation du point de vue en cours.

² L'interfaçage avec la librairie OpenGL est assuré par la librairie FLTK.

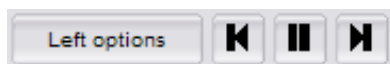
2.1.1.2 Interactivité avec la souris

L'utilisateur peut modifier le point de vue des objets avec la souris :



- **click droit** (simple) : **sélection** de la liste visée
- **bouton droit** enfoncé + **déplacement** de la souris : **rotation du point de vue**. La rotation se fait autour du centre de gravité de toutes les listes affichées dans le contexte.
- **bouton milieu** enfoncé + **déplacement vertical** de la souris : **zoom**. Si la souris est déplacée vers l'avant (vers le haut, à l'écran) le zoom est positif (rapprochement). Si elle est déplacée vers l'arrière (vers le bas, à l'écran), le zoom est négatif (éloignement).
- **bouton gauche** enfoncé + **déplacement** de la souris : **translation** (visuelle) dans le plan écran (« panning » en anglais).

2.1.1.3 Options d'affichage



Les paramètres d'affichage et la taille relative des contextes graphiques l'un par rapport à l'autre se fait via les 4 boutons présents en dessous à gauche de chaque contexte ((Zones ⑤ & ⑥, Figure 1).

L'appui sur le bouton situé à gauche de cet ensemble provoque l'affichage d'une fenêtre de réglage de divers paramètres d'affichage du contexte et autres informations:

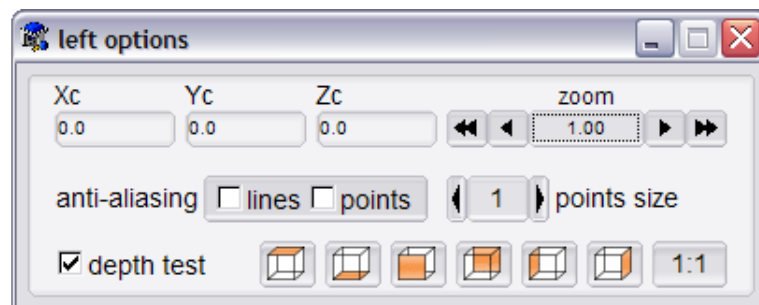


Figure 3 - options d'affichage d'un contexte OpenGL

Voici la description de ces éléments :

- Xc, Yc, Zc : coordonnées du centre de l'amas d'entités 3D affichées (au sein de ce contexte)
- zoom : facteur de zoom en cours
- anti-aliasing : qualité d'affichage des lignes (lines) et points (points). Si activé, l'affichage est plus lent mais (en théorie) moins crénelé.
- points size : la taille d'affichage d'un point (en pixels)
- depth test : test de profondeur pour l'affichage des primitives 3D (pour plus de réalisme !). A laisser activé par défaut.

- Les 6 icônes représentant un cube transparent avec une face pleine permettent de fixer directement le point de vue sur le plan en question (l'observateur étant toujours à l'extérieur du cube).
- 1:1 : fixe le zoom à la valeur qui permet une visualisation de toutes les entités 3D dans le cadre d'affichage

Les trois autres boutons permettent de redimensionner rapidement le cadre du contexte :

-  ce bouton réduit totalement le contexte concerné et fait donc prendre toute la place à l'autre contexte
-  ce bouton rend la taille des deux contextes égale. Les deux boutons de ce type présents dans la fenêtre (un en dessous de chaque contexte) sont donc équivalents
-  ce bouton fait prendre toute la place disponible au contexte concerné et réduit donc totalement l'autre

2.1.1.4 Eclairage

Les contextes possèdent un éclairage ambiant activé par défaut (réglable – Cf. section 3.1.4.1). Celui-ci est dé-activable (et ré-activable) via des raccourcis clavier (Cf. section 2.2).

Il est possible d'activer une source secondaire, dénommée « custom light », qui est une source ponctuelle et déplaçable. Une seule source secondaire est disponible par contexte (elles sont indépendantes l'une de l'autre).

Leur activation/désactivation se fait au clavier (Cf. Raccourcis clavier en section 2.2). Lorsque la source est activée, elle devient visible sous la forme d'une croix jaune, en 3D, mais sa taille est par contre constante à l'écran quel que soit le zoom. Initialement elle devrait se trouver dans les limites de l'écran – et donc peut-être à l'intérieur de l'objet – mais il est peut-être nécessaire de jouer sur le zoom pour la voir apparaître dans la fenêtre). Le mieux est encore de la déplacer pour *sentir* sa position.



Figure 4 - Eclairage secondaire (position : dans le cercle rouge)

Pour régler la position de ces sources secondaires, il existe deux solutions :

- définir une position absolue dans l'espace via l'outil approprié (option « Custom Light » du menu « Display » - Cf. section 2.1.2.1.3).
- déplacer la croix jaune interactivement avec la souris. Pour cela il suffit d'appuyer sur « Ctrl » tout en appuyant sur le bouton gauche de la souris (interaction équivalente à celle du *panning*).

 L'éclairage ne s'applique qu'aux entités 3D ayant des normales (donc nuage avec normales, maillage, etc.). Il faut aussi bien entendu que le champ des normales soit activé (Cf. 2.3.3).



2.1.2 Fenêtre Main Menu

Cette fenêtre permet la gestion des entités 3D chargées en mémoire et l'accès aux différentes fonctions de CloudCompare via le menu situé en haut de celle-ci. La partie qui constitue le reste de la fenêtre (fond blanc) est un arbre déroulant semblable à un explorateur de fichier par exemple.

2.1.2.1 Menu

Le menu principal (Zone ❶, Figure 1) est composé de quatre éléments : « File », « List Operations », « Display » et « Help » :

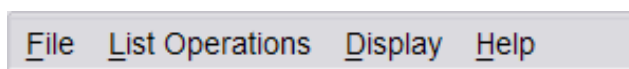
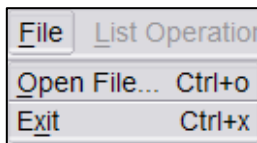


Figure 5 - Menu principal de CloudCompare (fenêtre "Main Menu")

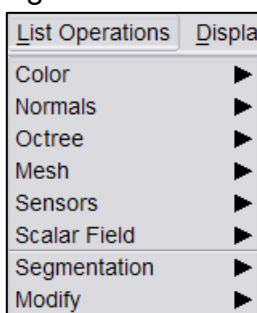
2.1.2.1.1 Menu > File

Le premier correspond permet d'accéder aux fonctions d'ouverture des fichiers de primitives 3D supportés par CloudCompare (Cf. Annexes) et de terminaison du programme (« Exit »).



2.1.2.1.2 Menu > List Operations

Le deuxième élément du menu, dénommé « List Operations », n'est accessible que lorsqu'au moins une entité est sélectionnée. Elle contient des raccourcis vers tous les algorithmes et traitements applicables aux listes de primitives chargées en mémoire.

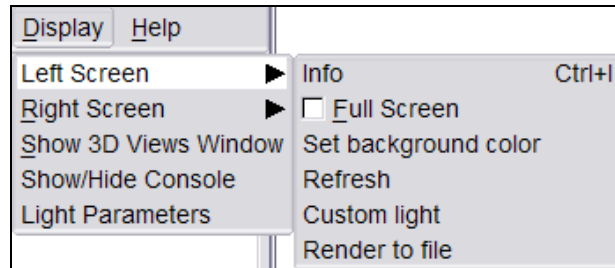


Elles sont divisées en catégories logiques, en fonction de la caractéristique géométrique impliquée dans le traitement ou en fonction de l'application. Chaque fonction est détaillée dans la suite de ce document.

2.1.2.1.3 Menu > Display

Le troisième élément, « Display », gère l’affichage en général.

Les deux premiers items donnent accès à des informations sur chacun des deux contextes graphiques.



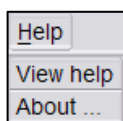
Voici le détail des fonctions accessibles pour paramétrer l’affichage de chaque contexte via les éléments « Menu > Display > Left & Right Screen » :

- « Info » : affiche des informations sur le contexte concerné (nombre d’entités affichées, centre de gravité, etc.).
- « Full Screen » : bouton de type *checkbox* qui permet d’activer ou désactiver le mode plein écran (auquel cas le contexte concerné prendra toute l’écran), permettant ainsi une visualisation optimale des entités 3D. La fenêtre « Main Menu » reste tout de même accessible (ainsi que celle de n’importe quel autre programme tournant parallèlement à CloudCompare).
- « Refresh » : rafraîchi l’affichage du contexte (redessine toutes les primitives, dès fois que cela n’ait pas été fait automatiquement après une opération).
- « Custom light » : permet de définir la position des sources lumineuses supplémentaires (Cf. section 2.1.1.4).
- « Render to File » : capture d’écran du contexte concerné dans un fichier BMP (avec possibilité d’appliquer un facteur de zoom entier lors du rendu).

Les autres éléments du menu « Display » sont :

- « Show 3D Views Window », qui permet de réafficher la fenêtre « 3D Views » en cas de fermeture volontaire ou non de celle-ci.
- « Show/Hide Console », qui permet d’afficher ou non la « console » (Zone ③, Figure 1).
- « Light Parameters », qui permet de contrôler les paramètres OpenGL de l’éclairage (communs aux deux contextes – voir section 3.1.4.1).

2.1.2.1.4 Menu > Help



Le dernier élément du menu, « Help », présente deux choix « View Help » et « About ». Seul « About » est actuellement activé. Il réaffiche le splash screen affiché lors du démarrage du logiciel avec sa version exacte.



2.2 Raccourcis clavier

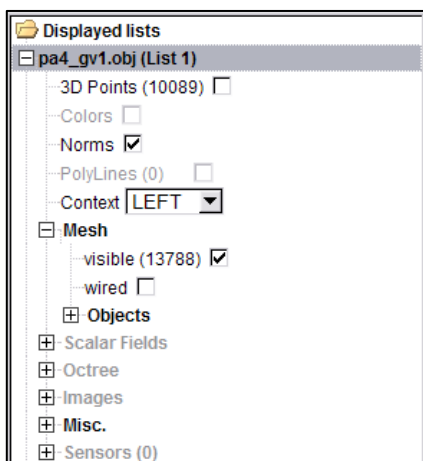
Voici la liste des raccourcis clavier :

Touche	Fonction	Remarque
F2	renomme la liste sélectionnée	<i>Cf. section 3.2.11.5</i>
F3	active la perspective pour le contexte gauche	<i>panning désactivé</i>
F4	active la perspective pour le contexte droit	<i>panning désactivé</i>
F5	Rafraichi l'affichage	<i>dans les deux contextes</i>
F6	Mise à zéro du panning	<i>dans les deux contextes</i>
F7	Allume/éteint l'éclairage global (gauche)	<i>Cf. section 2.1.1.4</i>
F8	Allume/éteint l'éclairage global (droit)	<i>Cf. section 2.1.1.4</i>
F9	Allume/éteint l'éclairage custom (gauche)	<i>Cf. section 2.1.1.4</i>
F10	Allume/éteint l'éclairage custom (droit)	<i>Cf. section 2.1.1.4</i>
V	change la visibilité des points des entité(s) 3D sélectionnée(s)	
Ctrl+D	supprime la/les entité(s) 3D sélectionnée(s)	<i>pas de confirmation</i>
Ctrl+I	affiche des informations	<i>Cf. section 3.1.2.1</i>
Ctrl+N	Clone les entité(s) 3D sélectionnée(s)	<i>Cf. section 3.1.2.2</i>
Ctrl+O	ouverture de l'interface ce chargement	<i>Cf. section 3.1.1.1</i>
Ctrl+P	Définit le centre des entité(s) 3D sélectionnée(s) comme étant le centre de rotation du contexte	Définition du « pivot »
Ctrl+S	ouverture de l'interface ce sauvegarde	<i>Cf. section 3.1.1.2</i>
Ctrl+X	quitte le programme	<i>pas de confirmation</i>

2.3 Arbre de navigation

A la racine de l'arbre de navigation (Zone ❷, Figure 1), nommée « Displayed lists », s'ajoutent des éléments correspondant aux listes de primitives, généralement dans l'ordre de leur chargement (mais cet ordre peut être modifié après certains traitements). Ces éléments sont nommés automatiquement avec le nom de leur source (fichier source, algorithme qui les a générés, etc.) suivi d'un numéro unique attribué par CloudCompare et permettant de les identifier de manière concise. Ce numéro sert, entre autre, à désigner les listes au niveau des interfaces de paramétrage de certains algorithmes de CloudCompare (pour un affichage condensé).

Si on sélectionne une entité 3D dans l'arbre de navigation, celle-ci est alors encadrée graphiquement d'une boîte englobante jaune. On peut sélectionner plusieurs listes simultanément soit en maintenant le bouton gauche de la souris enfoncé lors du survol de leurs références dans l'arbre, soit en maintenant la touche « CTRL » enfoncée lors de clics successifs avec la souris, soit sur l'arbre, soit directement sur les représentations 3D des entités à l'écran (analogie avec l'interface standard de Windows).



L'utilisateur peut développer un élément en double-cliquant dessus ou en cliquant sur le «+» à gauche du nom de l'élément (voir ci-contre). Cela fait apparaître une liste des caractéristiques principales de la liste de primitives. Certaines de ces caractéristiques sont elles-mêmes des sous-ensembles de caractéristiques développables (là encore par double-clic ou par un simple clic sur le «+» les précédant - c'est le cas des éléments Mesh, Scalar Fields, Octree, Images, Misc. et Sensors). Ces éléments seront détaillés par la suite.

Un élément « élémentaire » (non développable) est généralement suivi d'un bouton ou d'une liste déroulante permettant de fixer sa valeur. Cocher ou décocher la boîte à droite d'un élément tel que « Colors » ou « Norms » par exemple, permettra d'afficher ou non cette caractéristique de l'entité concernée. La disposition de ces éléments est la même pour toutes les entités 3D. Les éléments grisés correspondent à des éléments non disponibles ou qui ne s'appliquent pas au type de l'entité.

Nous allons détailler maintenant chaque *caractéristique élémentaire* apparaissant au premier niveau de l'arbre, selon leur ordre d'apparition.

2.3.1 3D Points (nombre)

Ce sont les points 3D en tant que tels, la donnée principale traitée par le logiciel CloudCompare. La valeur entre parenthèses correspond à leur nombre total pour l'entité. Le bouton sélectionnable à droite permet d'afficher ou de cacher l'ensemble des points (cela n'affecte pas l'affichage du maillage dans le cas où les points 3D sont des sommets d'un maillage).



2.3.2 Colors

Correspond au champ des couleurs (associées aux points 3D). Le bouton sélectionnable à droite permet donc d'afficher les éléments avec ou sans couleur (auquel cas ils seront colorés avec une couleur par défaut, à savoir l'inverse du fond pour les points et bleu ou vert pour les facettes d'un maillage - en fonction du sens selon lesquelles elles sont vues).

2.3.3 Norms

Correspond aux vecteurs normaux³ (ou normales) qui peuvent être assignés aux points. Le bouton sélectionnable à droite permet de prendre en compte ou non ces normales lors de l'affichage des éléments 3D concernés.

2.3.4 Polylines (nombre)

Correspond à un ensemble de poly-lignes 3D (dont les sommets sont là encore parmi les points 3D constituant l'entité). Le nombre total de poly-lignes figure entre parenthèses. Le bouton sélectionnable à droite permet d'afficher ou de cacher l'ensemble de ces lignes.

2.3.5 Context

Correspond au contexte graphique dans lequel est affichée l'entité (Cf. Zone ③ & ④, Figure 1, ou section 2.1.1.1).

2.3.6 Mesh

Correspond au maillage qui peut être associé aux points 3D (qui sont dans ce cas les sommets du maillage). C'est un élément développable qui permet :

- d'afficher ou de cacher le maillage dans sa globalité (bouton « visible (nombre) » - nombre étant le nombre total de facettes du maillage)
- d'afficher les arrêtes du maillage uniquement (bouton « wired » activé) ou les facettes (bouton « wired » désactivé)

³ Vecteurs normaux à la surface théorique passant par chaque point 3D. D'un point de vue du rendu, ils permettent de modifier la coloration des points (ou du maillage) en fonction de l'éclairage.

- ou enfin de définir l'affichage de chaque sous-élément du maillage si celui-ci est composé de plusieurs sous-objets (liste développable « Objects »).

2.3.7 Scalar Fields

« Scalar Fields » un élément développable voué à la gestion des champs scalaires associés au nuage de points 3D (typiquement les distances calculées en chaque point lors d'une comparaison, ou l'intensité lumineuse des points après un calcul de « Portion de Ciel Visible »).

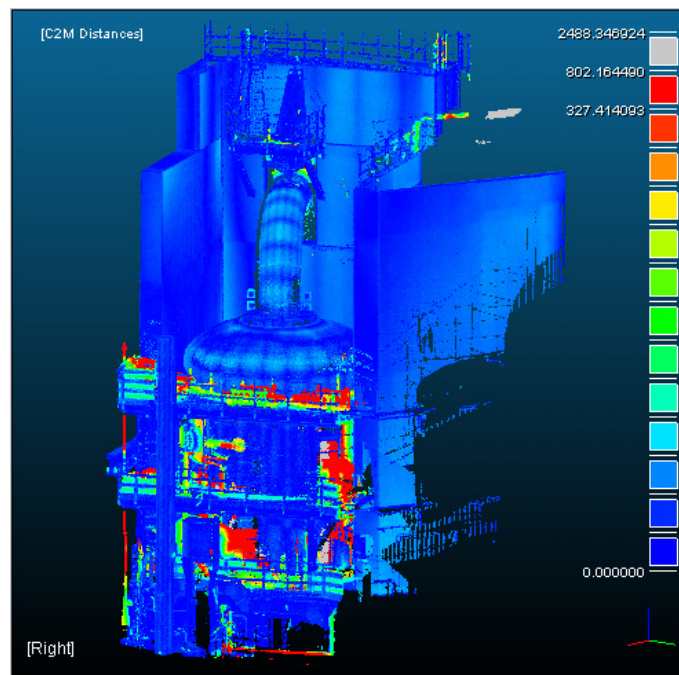
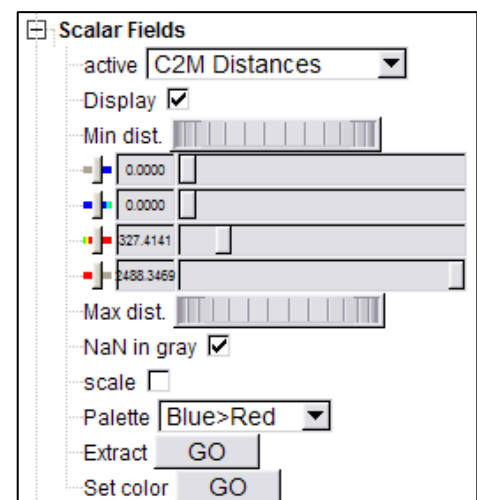


Figure 6 - Affichage typique d'un champ scalaire associé à un nuage de points 3D.
Le nom du champ scalaire actif (et donc affiché) est rappelé en haut à gauche.
Le nom du contexte est rappelé en bas à gauche.

Voici la description de ses différents composants :

- Le premier élément, « active », est une liste déroulante permettant de choisir le champ scalaire actif (qui est celui couramment affiché mais aussi traité par les algorithmes). Le premier élément de cette liste est toujours « NONE », ce qui permet de ne rien afficher/traiter. Autrement, chaque champ scalaire est différencié par un nom standard (donné par l'algorithme l'ayant généré – voir « Champs Scalaires », plus loin).
- Le bouton « Display » permet d'afficher ou non le champ scalaire courant.





- Le bloc suivant contient deux verniers et 4 potentiomètres graphiques. Les deux potentiomètres extrêmes permettent de régler les valeurs minimales et maximales des points affichés. Les deux verniers qui leur sont associés permettent de régler ces valeurs plus finement (réglage « local », autour de la valeur correspondant à la position du potentiomètre associé). Enfin, les deux potentiomètres centraux permettent de régler la saturation des fausses couleurs associées aux valeurs.
- « NaN in gray » permet d'afficher ou non les points dont la valeur est hors de l'intervalle délimité par les potentiomètres extrêmes (valeur minimale et maximale). Si les points sont affichés, ceux-ci apparaîtront en gris.
- « scale » permet d'afficher ou non l'échelle de couleur à l'écran (Figure 6, à droite).
- « Palette » est un menu déroulant qui permet de choisir un type de palette de couleur prédéfini :
 - « Blue > Red »
 - « Red > Yellow »
 - « Red > White »
 - « Gray »
- Le bouton « Extract » génère une nouvelle entité 3D à partir des points affichés (cela inclus les points en gris).
- Le bouton « Set Color » assigne à chaque point une couleur (qui va donc être en pratique stockée dans le champ « Color » de l'entité) à partir des paramètres courants. Si le champ « Color » existe déjà, il est possible d'écraser la couleur existante, ou de mixer les deux valeurs (CloudCompare poser la question à l'utilisateur si besoin).



Principe de coloration interactive d'un nuage de point

Si l'échelle de couleur va du bleu au rouge, tous les points ayant une valeur scalaire associée inférieure à la valeur minimale de saturation (2ème potentiomètre) seront bleus et ceux dont la valeur scalaire associée est supérieure à la valeur maximale de saturation (3ème potentiomètre) seront rouges. Les points entre ces deux valeurs de saturation suivront un gradient linéaire (du bleu au rouge, en passant par le vert puis le jaune (Cf. Figure 7). Les points dont la valeur scalaire associée est inférieure à la valeur du premier potentiomètre ou supérieure à la valeur du dernier (valeurs minimales et maximales d'affichage), seront soit affichés en gris, soit non affichés (en fonction de l'état de l'élément « NaN in gray »). Toute modification de la valeur d'un des potentiomètres, verniers ou *checkbox* modifie directement l'affichage courant.

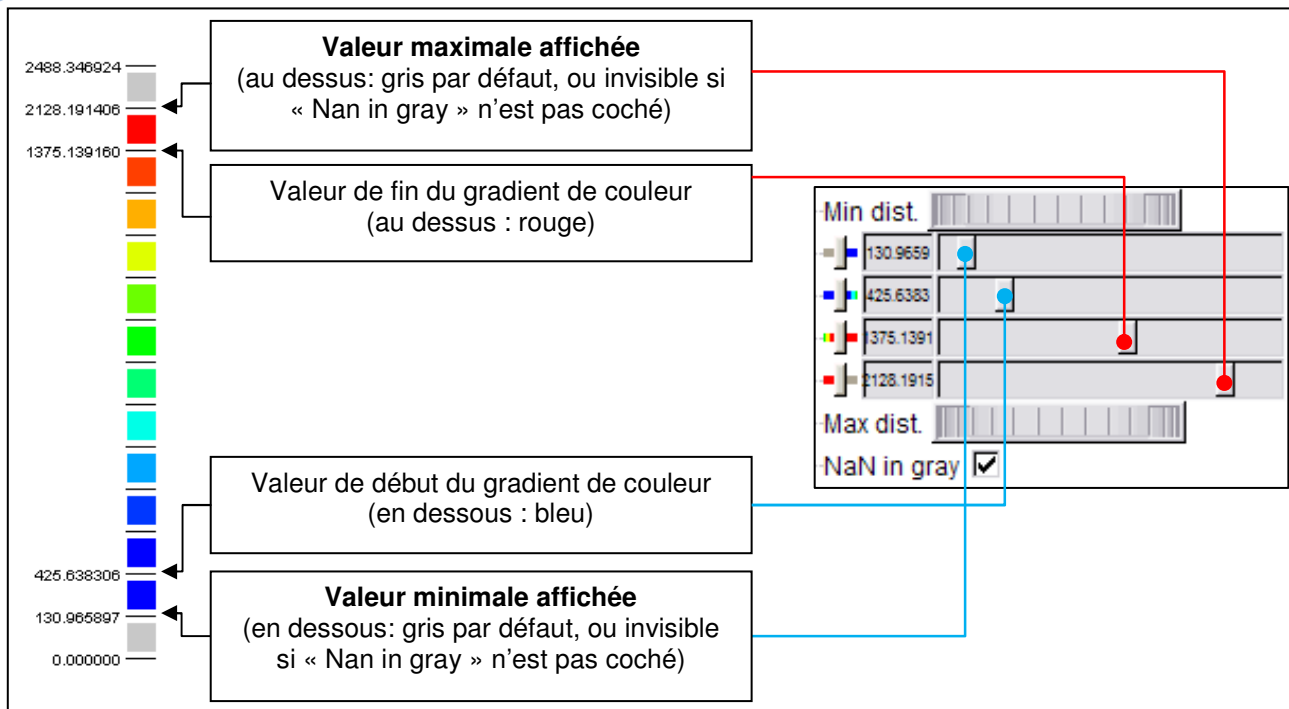
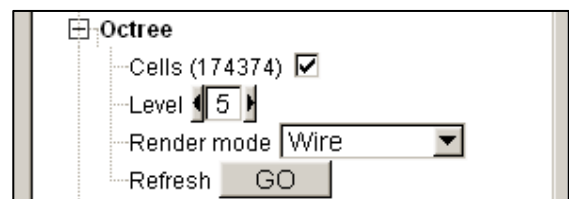


Figure 7 - Principe de la coloration des points à partir d'un champ scalaire

2.3.8 Octree

« Octree » est aussi un élément développable qui permet de gérer l'affichage de l'octree une fois que celui-ci est calculé :

- « Cells (nombre) » permet d'afficher ou non l'octree. Le nombre correspond au nombre total de feuilles de l'octree (c.a.d. le nombre de cellules au dernier niveau de l'octree).
- « Level » permet de contrôler le niveau d'octree couramment affiché.
- « Render Mode » permet de choisir parmi différents modes de rendu : *Wire* (affichage de chaque cellule sous la forme d'un cube en fil de fer), *Points* (chaque cellule est représentée par le centre de gravité des points qui y sont inclus) et enfin *Plain Cubes* (chaque cellule est représentée par un cube plein – affichage lourd qui nécessite beaucoup de mémoire et un certain temps de « rendu » - le rendu n'est nécessaire qu'une fois par niveau, ou à chaque rafraichissement).
- « Refresh » permet de provoquer un rafraichissement (l'affichage de l'octree en mode « Points » ou « Plain Cubes » est en effet figé, et dépend des paramètres d'affichage à l'époque ou le rendu est effectué. Si ceux-ci changent il peut donc être nécessaire de refaire le rendu).

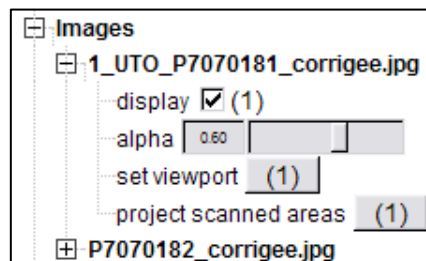




2.3.9 Images

Cet élément correspond aux images qui sont associées au nuage de point. Ce sont typiquement des photos prises selon le(s) même(s) point(s) de vue que le scanner lors de l'acquisition du nuage de point 3D et dont on connaît les paramètres de caméra.

Il est possible d'afficher les points selon le même point de vue pour vérifier l'adéquation entre le nuage et une certaine « réalité » par exemple. A l'instar des entités 3D, on retrouve ici une liste de toutes les photos associées au nuage, chacune correspondant à un élément de l'arbre développable. Les éléments génériques qu'on retrouve au niveau de chaque image sont :



- « display » - permet l'affichage (2D) ou non de l'image
- « alpha » - règle la transparence de l'image
- « set viewport » - place et définit la caméra de visualisation 3D de manière à ce qu'elle coïncide avec le centre optique et les autres paramètres de prise de vue de l'image.
- « project scanner areas » - algorithme développé par RM permettant de retrouver les zones non scannées dans l'image, par projection des points laser dans l'image.

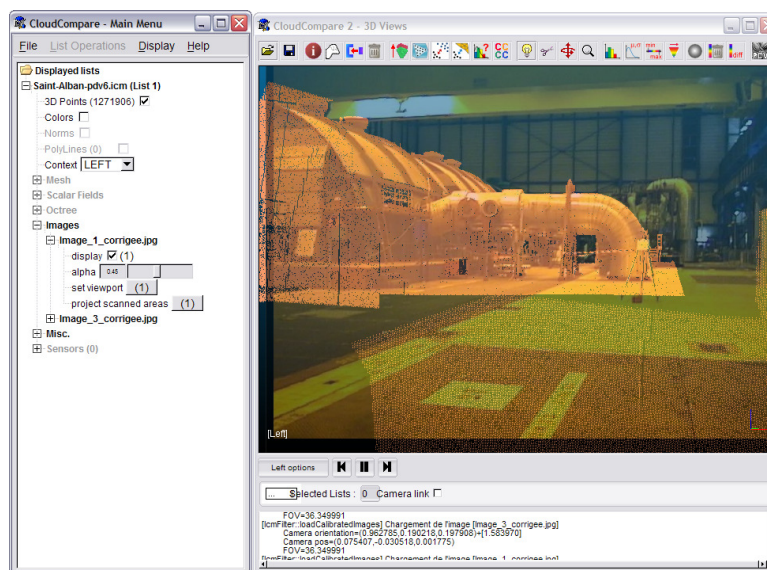
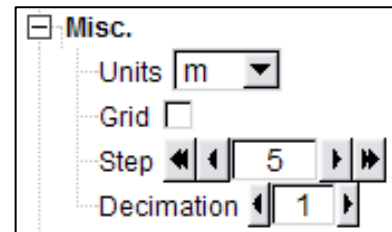


Figure 8 - Affichage d'une photo calibrée (en transparence) par dessus le nuage de points associé

🔊 Cet ensemble de caractéristiques correspond aux fichiers « ICM » (Cf. section 4.1.4.2).

2.3.10 Misc.

« Misc. » est l'abréviation de *miscellaneous* en anglais, signifiant « divers ». Cet élément développable contient différents items qui ne sont pas forcément propres à l'entité 3D mais plutôt liés à l'interface graphique et souvent définis par l'utilisateur ou créés par divers traitements :



- « Units » - correspond à l'unité dans laquelle sont exprimées les coordonnées de la liste. Le menu déroulant à droite permet de spécifier manuellement ces unités.
🔊 Au chargement, l'unité par défaut est le mètre (les formats de fichiers de nuages de points ou de maillages standard ne contiennent généralement pas cette information). Si l'utilisateur veut produire des résultats pertinents (captures d'écrans typiquement), il devra veiller à mettre à jour manuellement cette information au préalable.
- « Grid » - permet l'affichage ou non d'une grille XYZ de lignes régulièrement espacées. L'espacement des axes de la grille est spécifié par via l'élément « Step » (Voir Figure 9).
- « Decimation » - permet de « décimer » les points affichés pour améliorer la cadence d'affichage (utile sur des gros nuages de points). La valeur définie via cet élément d'interface correspond à la fraction de points affichés (1/1, 1/2, 1/3, 1/4, etc.)

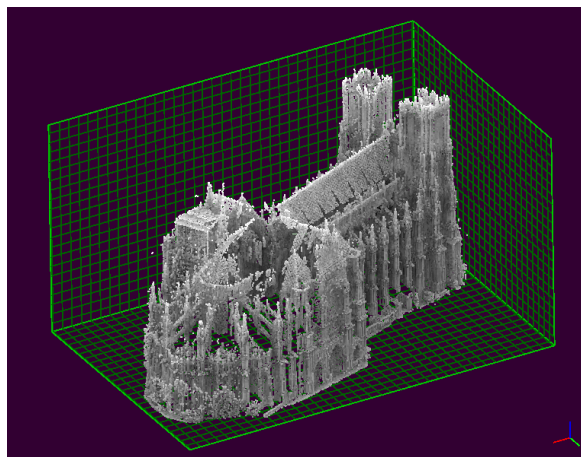
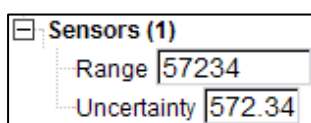


Figure 9 – Grille permettant une estimation visuelle des dimensions des éléments d'une entité 3D

2.3.11 Sensors (nombre)



Correspond aux paramètres du ou des capteurs utilisés lors de l'acquisition du nuage de points 3D (Cf. section 3.2.5). Le nombre entre parenthèses correspond au nombre de points de vus actuellement définis pour le nuage.

Actuellement il n'y a que les paramètres « range » (portée du premier capteur) et « uncertainty » (valeur d'incertitude pour les tests de profondeur) qui sont modifiable via cet élément d'interface.

3 Fonctions

On détaille tout d'abord les fonctions accessibles via la barre d'icônes (Cf. section 3.1). Ce sont les fonctions essentielles de CloudCompare, celles qui seront en théorie les plus utiles pour la majorité des applications. Ensuite, on détaille les autres fonctions, accessibles via l'item « List Operations » du menu principal (Cf. section 3.2).

🔊 Remarque générale : dans la majorité des cas, les fonctions peuvent être appliquées à une ou plusieurs entités 3D à la fois (celles qui sont sélectionnées). Le traitement est alors appliqué à chacune en série, avec les mêmes paramètres. C'est le comportement par défaut. Certaines fonctions nécessitent par contre que l'utilisateur ait sélectionné strictement une ou parfois deux listes. Cela sera alors précisé.

3.1 Fonctions accessibles via la barre d'icônes

Dans cette section sont détaillés les fonctions accessibles via la barre d'icônes située en haut de la fenêtre « 3D Views » (Zone 7, Figure 1).

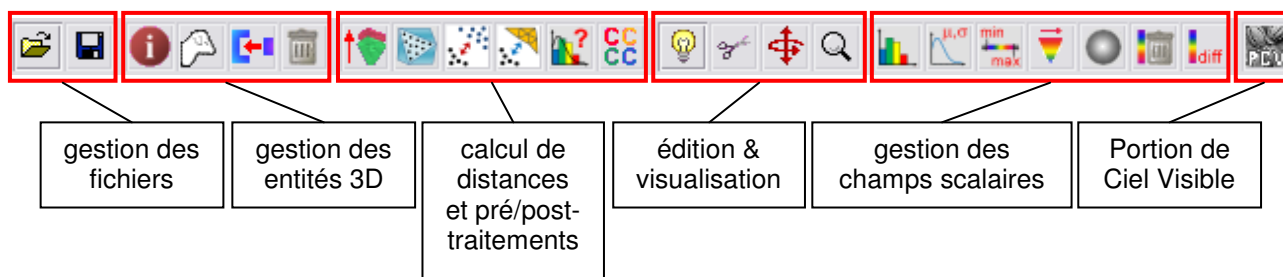


Figure 10 - Barre d'icônes permettant un accès rapide aux fonctions essentielles de CloudCompare

Celles-ci sont regroupées en 6 sous-groupes:

- fonctions de gestion des fichiers
- fonctions générales de gestion des entités 3D (ouverture, sauvegarde, informations, clonage, fusion et suppression)
- fonctions relatives de calcul de distances (recalage automatique par ICP, échantillonnage de points sur un maillage, calcul de distance nuage/nuage et nuage/maillage, test statistique local et extraction des composantes connexes).
- fonctions d'édition et de visualisation (réglages des paramètres d'éclairage, segmentation graphique, translation/rotation, et zoom).
- fonctions de gestion des champs scalaire (affichage de l'histogramme du champ courant, calcul des paramètres statistiques à partir des valeurs du champ courant, segmentation des points dans un intervalle, calcul du gradient, calcul d'un filtre gaussien, suppression du champ courant, et calcul de différence point à point entre deux champs scalaires.
- le calcul de Portion de Ciel Visible (ShadeVis).

3.1.1 Gestion des fichiers



3.1.1.1 Chargement des entités 3D

Permet de charger une entité 3D en mémoire (et de l'afficher). Si le chargement est possible, l'entité sera automatiquement affichée dans un des deux contextes (celui contenant le moins d'entités par défaut).

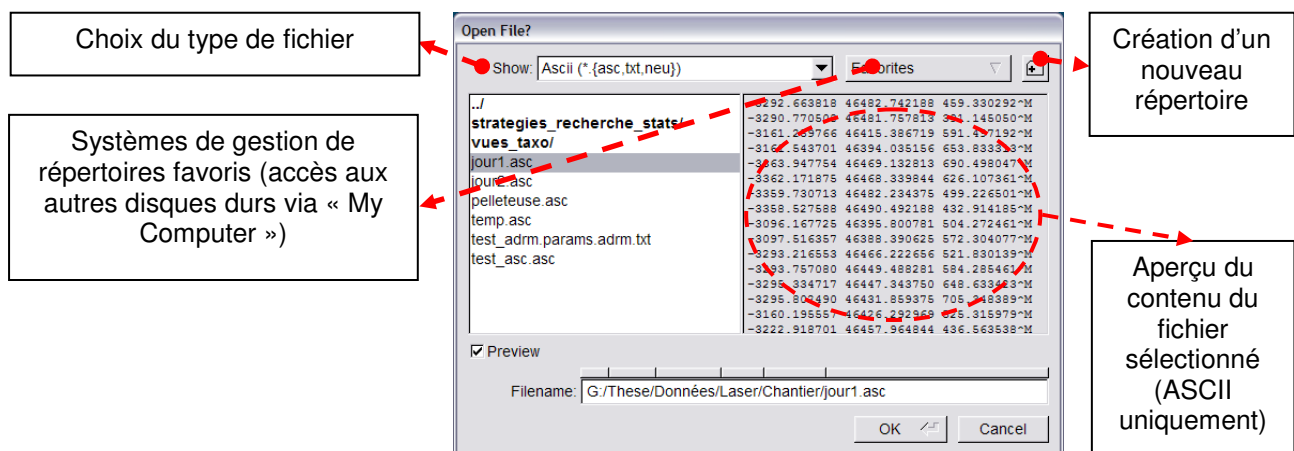
L'interface est la même que pour la sauvegarde (voir section suivante).



3.1.1.2 Sauvegarde des entités 3D

Permet de sauvegarder dans un fichier l'entité sélectionnée (voire plusieurs entités à la fois si le format de fichier choisi le permet). L'interface est la même que pour le chargement (Cf. Figure 11).

🔊 Remarque : lors de la sauvegarde, l'extension du fichier doit être toujours précisée manuellement par l'utilisateur. Celle-ci n'est pas rajoutée automatiquement par CloudCompare.





3.1.2 Gestion des entités 3D



3.1.2.1 Infos

Affiche des informations sur la ou les entités sélectionnées (nombres de points, caractéristiques géométriques, boîte englobante, centre et diagonale de cette boîte, unités, etc.).

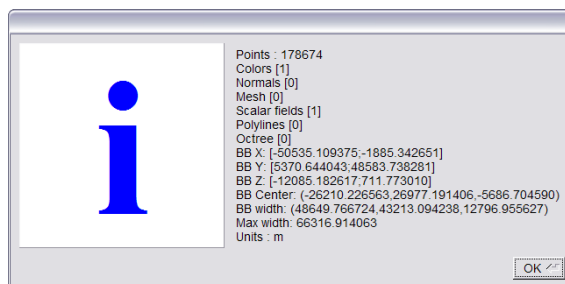


Figure 12 - informations sur une liste



3.1.2.2 Clone

Crée une nouvelle entité 3D identique en tout point à celle sélectionnée (mais parfaitement indépendante de cette dernière). Une modification de la liste clonée n'a aucun impact sur sa sœur.



3.1.2.3 Fusion

Fusionne deux (ou plus) entités géométriques sélectionnées (les listes fusionnées sont supprimées). Toutes les caractéristiques des entités 3D sont conservées, même les définitions de scanners (Cf. section 3.2.5). Les listes ne possédant pas initialement telle ou telle caractéristique la gagneront, avec des éléments par défaut (normale nulle, couleur blanche, etc.).



3.1.2.4 Suppression

Supprime la ou les listes sélectionnées (attention, pas de confirmation).

3.1.3 Fonctions relatives de calcul de distances



3.1.3.1 Recalage automatiques de nuages de points

Remarque : pour appeler cette fonction, il faut sélectionner les deux listes à recaler, et uniquement ces deux listes.

Interface générique de choix du rôle de chaque entité

Avant de pouvoir appliquer l'algorithme, CloudCompare demandera à l'utilisateur de résoudre une ambiguïté en précisant le rôle de chaque nuage (via une interface générique utilisée dans divers cas) : chaque nuage est affiché avec une couleur différente par défaut (rouge et jaune) et une petite interface (voir Figure 13) précise le rôle de chaque liste (associée à sa couleur) et l'ordre actuel. Des boutons permettent simplement d'inverser cette assignation (« SWAP »), de confirmer (« OK ») ou enfin d'annuler toute l'opération (« CANCEL »).

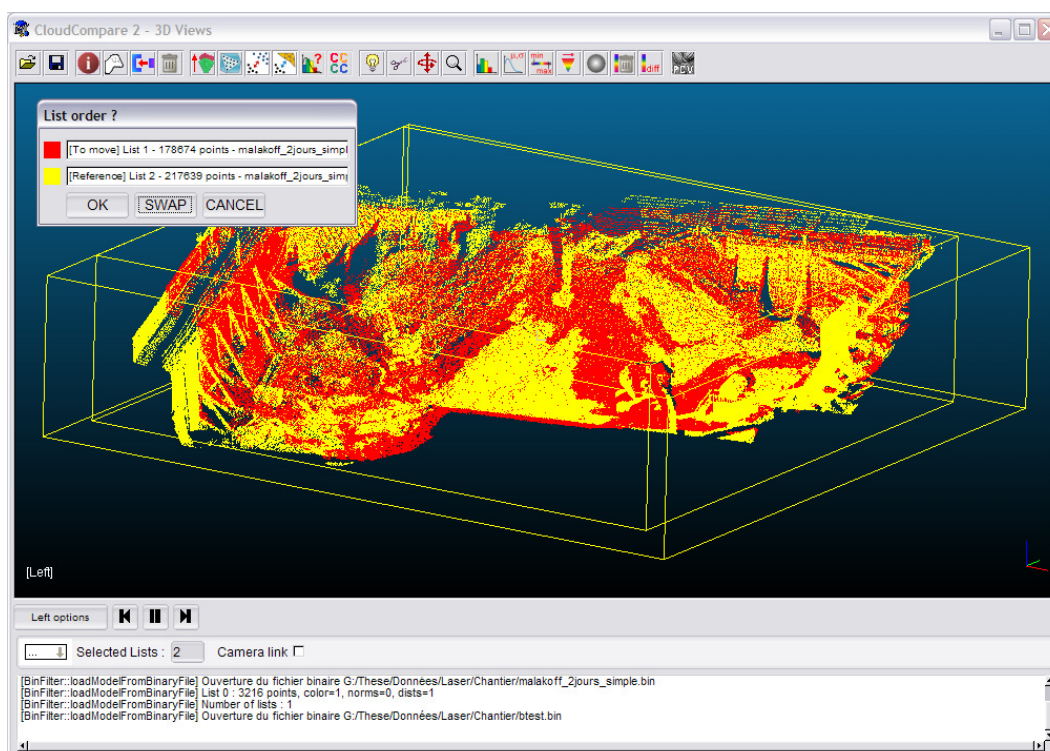
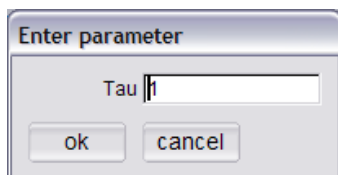


Figure 13 - Interface générique permettant le choix des rôles de chaque entité sélectionnée

Retour au recalage

Les rôles à assigner seront dans le cas du recalage automatique d'une part la liste de référence (qui ne bougera pas) et d'autre part la liste à recaler (« to move »).



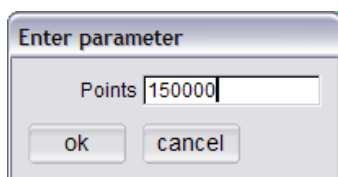
Un dernier paramètre est alors demandé : *Tau*. Il correspond à l'écart maximal (en termes de distance quadratique moyenne entre les deux nuages recalés) entre deux itérations du processus de recalage pour mettre fin au processus. Une valeur trop forte entraînera une fin anticipée du recalage, mais une valeur trop faible risque de demander un temps très long pour converger. En règle générale, mieux vaut commencer par une valeur forte, observer les valeurs d'écarts aux premières itérations et leur évolution, puis diminuer progressivement la valeur de *Tau* (en réappelant l'algorithme) jusqu'à obtenir un recalage satisfaisant.

A la fin du processus, une nouvelle entité 3D identique au nuage à recaler, mais ayant subi une rotation et/ou une translation (selon les paramètres déterminés lors du processus de recalage) est créée (la liste originale est alors automatiquement cachée). La matrice de rotation (si différente de l'identité) et le vecteur de translation sont aussi affichés dans la console.

🔊 Cette fonction implémente l'algorithme ICP (Besl). Malheureusement, celui-ci n'étant pas prévu pour fonctionner sur des nuages représentant des objets différents (il ne converge pas si « l'erreur » - et donc la différence - entre les deux nuages est trop forte). On utilise donc une première variante qui permet d'ignorer les points « trop différents » (via un seuil sur la distance maximale des points du nuage à recaler par rapport à ceux du nuage de référence, ce seuil évoluant à chaque itération pour prendre de moins en moins de points en compte au fur et à mesure que le recalage s'améliore). L'algorithme est aussi assez lent, puisqu'il nécessite le calcul de la distance aux plus proches voisins entre deux nuages à chaque itération. Au-delà de quelques centaines de milliers de points, chaque itération peut donc être très lente et la convergence va nécessiter un temps potentiellement très long. On utilise donc une deuxième variante en sélectionnant aléatoirement un nombre limité de points (50.000) parmi les deux nuages à chaque itération.



3.1.3.2 Echantillonnage de points sur un maillage



Cette fonction échantillonne des points sur une surface décrite par un maillage (triangulaire). Il suffit de lui donner en entrée le nombre de points total désiré. Un nouveau nuage de points est alors créé. Cette opération est très rapide.



3.1.3.3 Distance nuage/nuage

🔊 Remarque : pour appeler cette fonction, il faut sélectionner les deux listes à comparer, et uniquement ces deux listes.

Cette fonction permet de calculer la distance au plus proche voisin entre deux nuages de points. En pratique, on calcule pour chaque point du nuage comparé sa distance au point le plus proche dans le nuage de référence. Tout ceci dans le but d'évaluer

l'écart entre les objets représentés par chacun des nuages de points. Plusieurs options permettent d'améliorer l'estimation de ces écarts, car la précision de ceux-ci dépend beaucoup de l'échantillonnage des points dans le nuage de référence (Cf. thèse de D. Girardeau-Montaut).

🔊 On retrouve l'interface générique de choix du rôle de chaque liste (Cf. section 3.1.3.1), qui permet à l'utilisateur de préciser quelle est la liste comparée et quelle est la liste de référence.

Une fois le choix des rôles effectué, CloudCompare va automatiquement calculer une distance approximative entre les deux entités (distance de Chanfrein) ainsi qu'une structure octree commune aux deux nuages. Cette phase est très rapide et permet à CloudCompare de mener efficacement le véritable calcul (si nécessaire), mais elle permet aussi à l'utilisateur de mieux contrôler la prochaine étape.

Ceci se fait via un élément d'interface qui apparaît une fois que la phase de préparation est terminée (le nuage de référence est automatiquement caché, pour plus de clarté) :

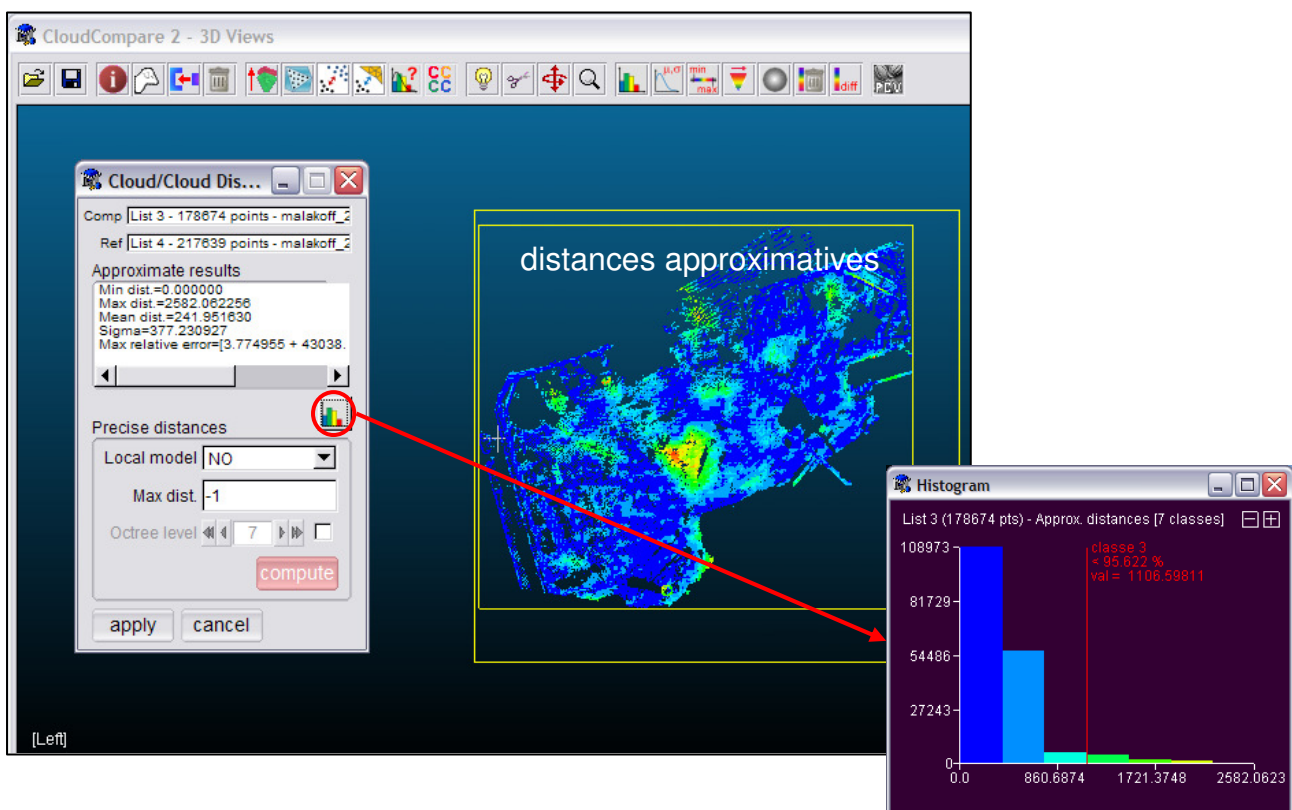


Figure 14 - Phase intermédiaire du calcul de distance

Cette élément d'interface donne d'une part quelques informations sur le champ de distances approximatives (la distance moyenne, ses valeurs minimales et maximales, et enfin un intervalle de confiance dans ces valeurs). Un icône au milieu à gauche permet aussi d'afficher l'histogramme de ces distances (en général, avec peu de classes, étant donné l'approximation faite pour les calculer).

La seconde partie de l'interface concerne le calcul effectif des distances aux plus proches voisins :

- l'option « Local model » permet d'utiliser des raffinements de l'algorithme de base en calculant localement des modèles géométriques pour interpoler les points du nuage de référence et ainsi améliorer la précision de cette distance pour qu'elle corresponde plutôt à la distance de chaque point du nuage comparé à la surface représentée par le nuage de référence. Les modèles locaux disponibles sont :
 - NO : pas de modélisation locale (par défaut)
 - LS : meilleur plan interpolant au sens des moindres carrés
[très rapide mais peu précise]
 - TRI : triangulation de Delaunay locale (2D)
[relativement lente mais précise]
 - HF : interpolation par une fonction de hauteur quadratique
[relativement lente mais généralement très précise]
- le second champ, « Max dist. », permet de préciser une valeur de distance maximale entre deux points, au-delà de laquelle CloudCompare ne perdra pas de temps à calculer un écart. Cela permet de limiter fortement le temps de calcul, en particulier si les deux nuages comparés présentent de fortes différences de couverture spatiale. Le champ de distances approximatives et les statistiques qui viennent devraient permettre à l'utilisateur de fixer cette distance efficacement. Par défaut, celle-ci vaut « -1 » (elle n'est pas prise en compte).
- enfin, un dernier élément (désactivé par défaut) permet de définir le niveau d'octree utilisé pour le calcul de distances. Ce niveau est normalement déterminé automatiquement par CloudCompare grâce aux données récoltées lors de la phase initiale.

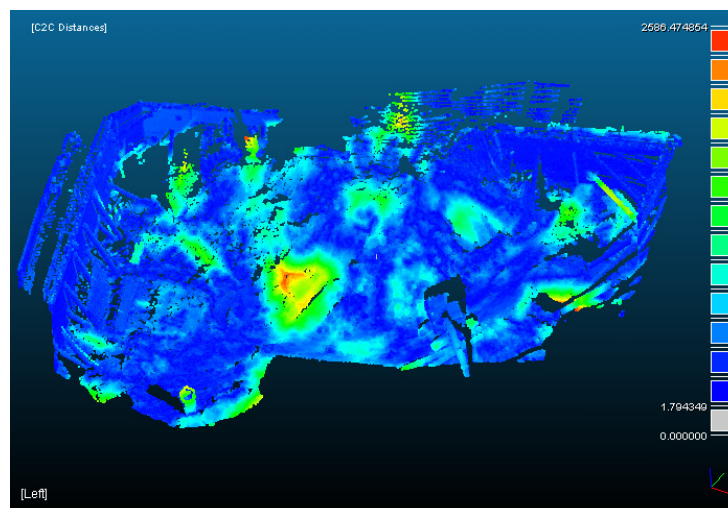


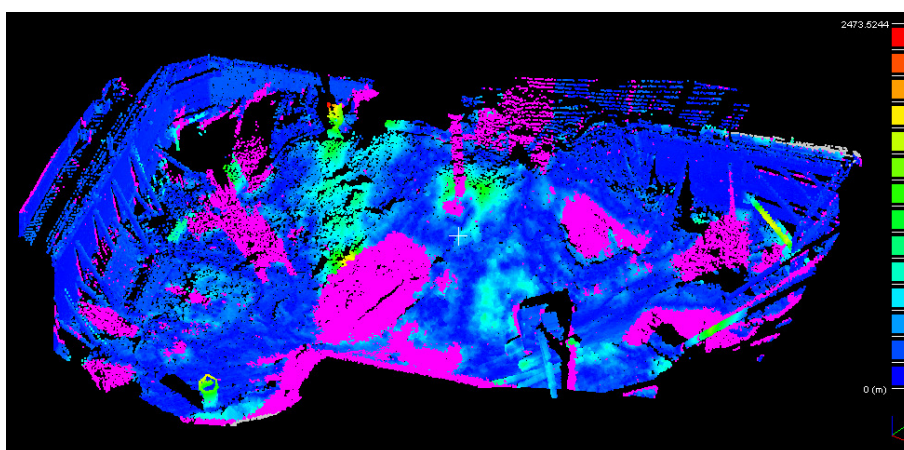
Figure 15 - résultat du calcul de distance entre deux nuages
(n'est représenté ici que le nuage comparé)

Le calcul effectif des distances peut être enfin lancé en appuyant sur le bouton rouge « compute ». Une fois le champ de distance calculé, l'utilisateur peut encore changer des paramètres et relancer le calcul (toujours ré-appuyant sur le bouton « compute »), et ce sans avoir à repasser par la phase initiale. L'affichage est mis à jour automatiquement à chaque calcul. Une fois que l'utilisateur est satisfait du résultat, il peut le « sauvegarder » en appuyant sur le bouton gris « apply » (en bas à gauche), au quel cas le nuage comparé gagnera un champ scalaire dénommée « C2C Distance » (pour « Cloud-2-Cloud Distance »). Si un tel champ existe déjà, celui-ci sera écrasé. Si

l'utilisateur ne désire pas conserver le champ de distance calculé, il lui suffit d'appuyer sur « cancel » (en bas à droite).

🔊 Si l'utilisateur oublie d'appuyer sur ce bouton et qu'il appuie directement sur le bouton gris « apply » en bas de la fenêtre, CloudCompare lui demande de confirmer. Il est bien sûr possible de ne pas vouloir calculer les distances précises, et de se contenter des distances approximatives, au quel cas il suffit de confirmer la fin du processus.

🔊 Si les paramètres du capteur laser ayant permis l'acquisition du nuage de points de référence ont été défini, ceux-ci sont alors automatiquement pris en compte lors du calcul de distance. Les points du nuage comparé qui se trouvent derrière la carte de profondeur de la liste de référence ne sont alors pas comparés et seront affichés par la suite comme cachés, hors de portée, ou hors-champs (en violet, par défaut). Ces zones correspondent à des zones où les écarts qui seraient calculés entre les deux nuages ne sont pas valide et ne correspondent – à priori - à rien. Elle nécessite un contrôle de l'utilisateur et donc une prise en compte spécifique (Cf. thèse de D. Girardeau-Montaut).



**Figure 16 - résultat du calcul de distances entre deux nuages
(avec filtrage automatique en fonction du point de vue du scanner)**

✂ L'algorithme crée un nouveau type de champ scalaire (« C2C Distances »).



3.1.3.4 Distance nuage/maillage

🔊 Remarque : pour appeler cette fonction, il faut sélectionner les deux listes à comparer, et uniquement ces deux listes.

La distance nuage/maillage reprend la même interface que la distance nuage/nuage (Cf. section précédente) mis à part qu'il n'est pas nécessaire de spécifier le rôle de chaque entité si il y a un seul nuage et un seul maillage (s'il n'y a que deux nuages, le calcul n'est pas possible, et s'il y a deux maillages, CloudCompare demandera à l'utilisateur de préciser quel maillage servira de référence, et quel maillage – ou du moins ses sommets – servira de nuage comparé).

On retrouve donc les mêmes options que pour le calcul nuage/nuage, mis à part que le champ de choix d'une modélisation locale est désactivé (car non applicable pour un maillage).

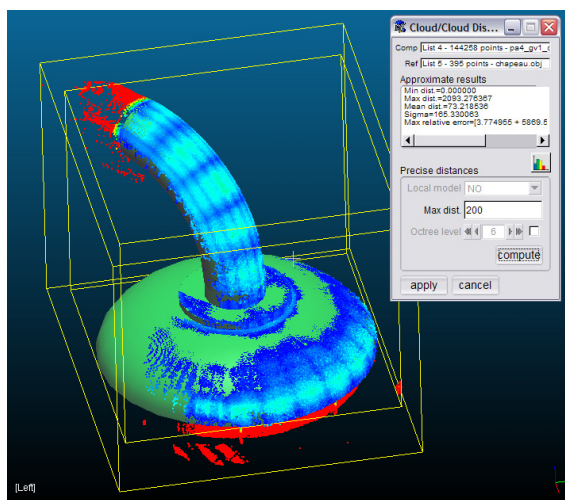


Figure 17 - Distance nuage/maillage

✂ L'algorithme crée un nouveau type de champ scalaire (« C2M Distances »).

+ 3.1.3.5 Distance maillage/maillage

Le calcul de distance entre deux maillages n'est pas possible directement. Il est bien sûr possible de calculer la distance entre les sommets d'un des deux maillages par rapport à l'autre maillage. Néanmoins, cette manière de calculer une distance entre deux maillages n'est pas indiquée, car elle est très biaisée et dépend fortement de la position des sommets et de leur nombre/densité.

Il est plus satisfaisant, en particulier pour calculer des statistiques précises ou déterminer des points particuliers (point le plus proche, zone de contact, etc.), de calculer la distance entre le maillage de référence et un nuage échantillonné sur le maillage comparé. Il suffit pour cela d'utiliser l'outil d'échantillonnage de points sur un maillage (Cf. section 3.1.3.2) puis de comparer le résultat avec le maillage de référence.

🔊 La rétroprojection du résultat obtenu pour le nuage échantillonné sur son maillage d'origine n'est pas possible. Celle-ci pourrait typiquement se faire sous forme de textures, mais dans ce cas la connaissance d'une position un tant soit peu précise ou l'histogramme des valeurs d'écarts seraient perdus.

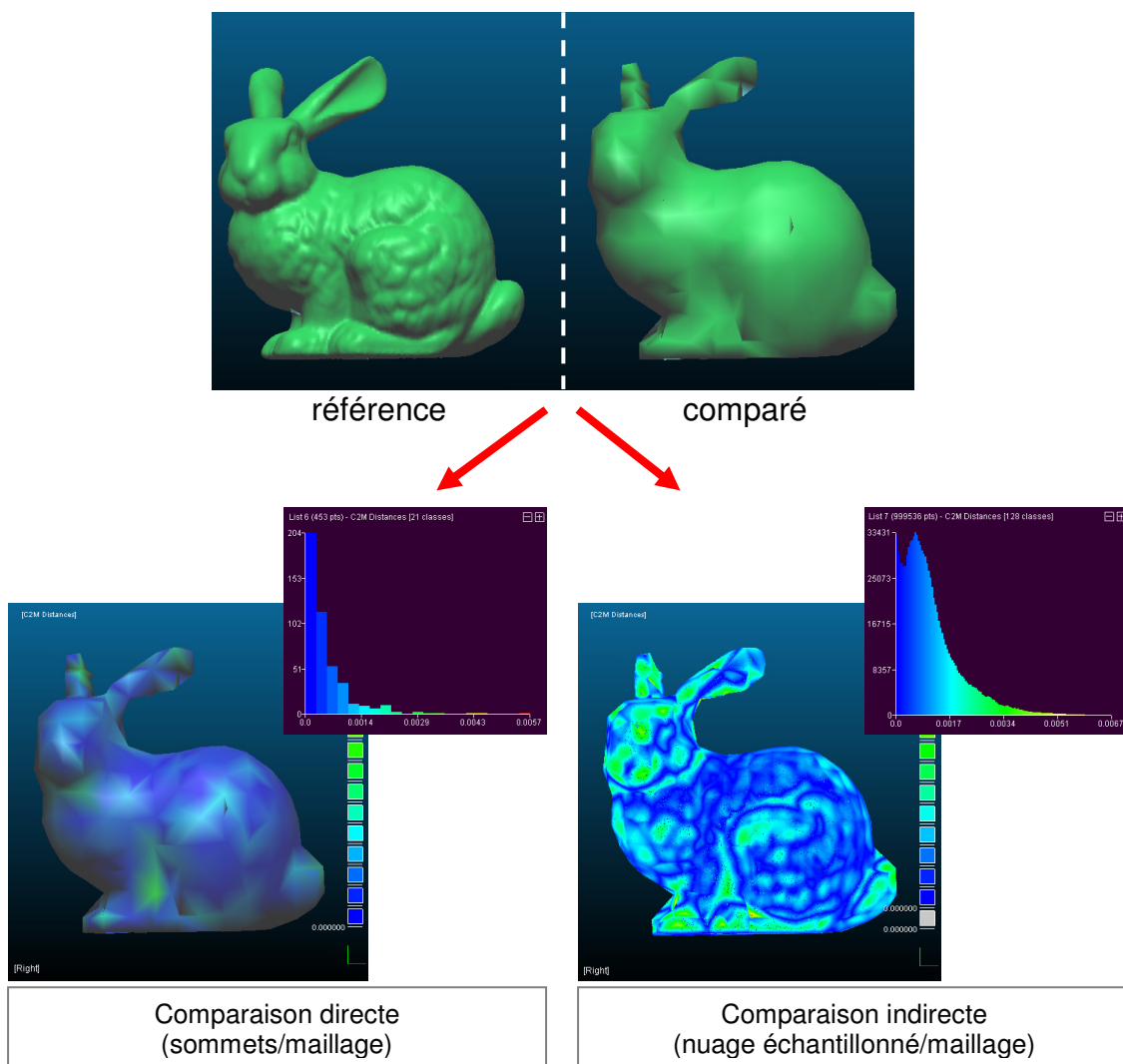


Figure 18 - Comparaison de maillages



3.1.3.6 Test statistique local

Remarque : pour appeler cette fonction, il faut sélectionner une seule entité 3D, munie d'un champ scalaire actif.

Cette fonction très importante permet d'appliquer un test du χ^2 local sur un nuage de point muni d'un champ scalaire. Le test du χ^2 est appliqué à chaque point à partir de l'histogramme des valeurs scalaires de ses n voisins (n étant un des paramètres de l'algorithme). Le test confronte cet histogramme avec une distribution théorique à deux paramètres (μ et σ dans le cas d'une loi normale par exemple).

Avant de spécifier les paramètres, l'utilisateur doit choisir le type de distribution théorique (il a le choix actuellement entre « Gauss » et « Weibull »).

Le résultat est un nouveau champ scalaire (une valeur pour chaque point – la métrique du χ^2 - qui donne une information sur la concordance locale entre la valeur scalaire et la distribution testée). La théorie du test du χ^2 nous fournit un seuil (calculé à partir de la marge d'erreur $p(\chi^2)$, dernier paramètre de l'algorithme) qui permet de classer les points en fonction de leur non-appartenance à la loi testée. Cette loi représentera typiquement le bruit de mesure, et on obtiendra ainsi l'ensemble des points dont la valeur d'écart associée ne fait pas partie du bruit de mesure (par exemple). Ainsi, on aura les points qui ont effectivement subi une modification, un changement, et on évitera de prendre en compte des points en réalité immobiles mais dont la valeur d'écart n'est pas nulle car elle est bruitée. Une fois le nuage séparé en deux classes, on peut garder le groupe des points « hors distribution » (voir Figure 19, en rouge) et les segmenter par exemple en fonction de la proximité relative des points (par une extraction des composantes connexes - Cf. section suivante).

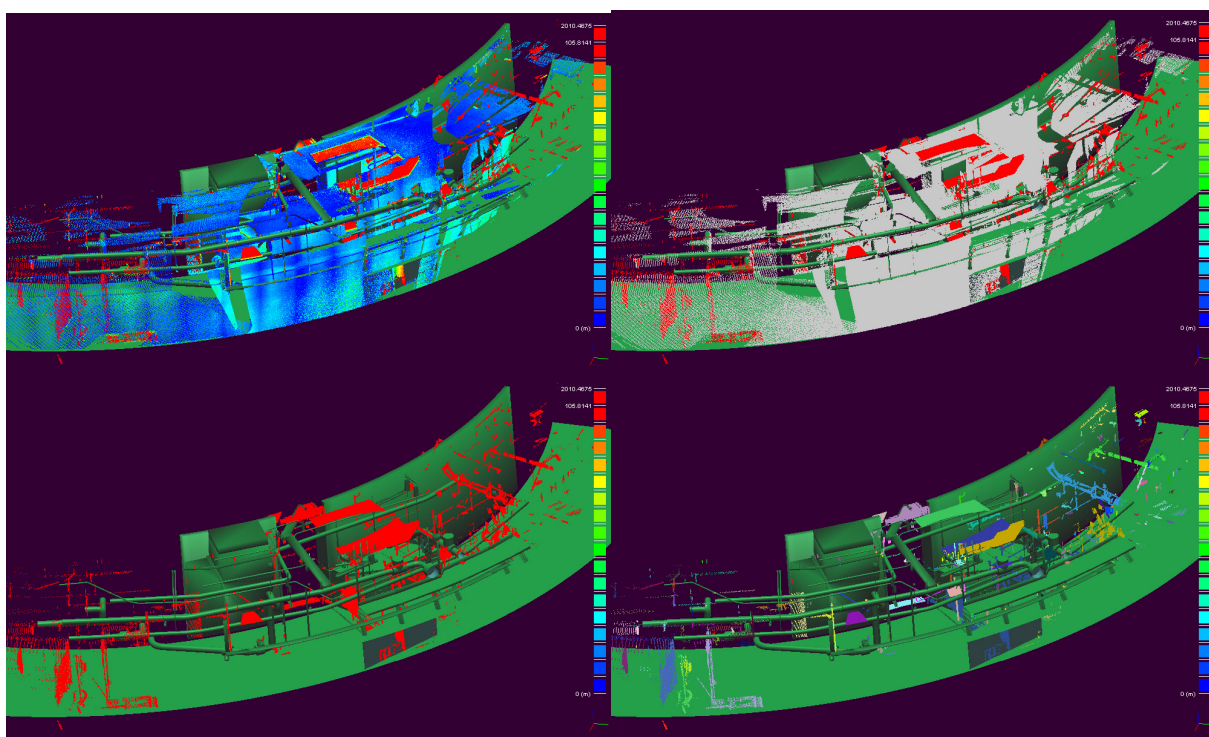


Figure 19 - champs des écarts initial (en haut à gauche), filtrage statistique (en haut à droite), puis extraction des points « hors distribution théorique » (en bas à gauche) et enfin extraction des composantes connexes (en bas à droite).

☞ Pour régler le paramètre $p(\chi^2)$, Il est important de comprendre que le test du χ^2 permet uniquement de rejeter l'hypothèse selon laquelle « les valeurs du champ scalaire prises sur le voisinage de chaque point suivent la loi testée », mais pas l'inverse. Ainsi, plus la marge d'erreur est faible, et plus le seuil du χ^2 sera grand (on rejette moins souvent l'hypothèse citée précédemment, et on classe donc moins de points comme « ne suivant pas la loi testée »). Ce paramètre n'est par contre pas très sensible, car il sert juste à pré-positionner les potentiomètres de réglage des seuils de coupure et de saturation des valeurs du champ scalaire pour l'affichage du résultat à l'écran (Cf. section 2.2-« Scalar Fields »). Ces potentiomètres peuvent être ensuite déplacés par l'utilisateur avant extraction effective des points (par appui sur le bouton « Extract » situé sous les potentiomètres, qui va créer un nouveau nuage de points ne comportant que les points présentement affichés à l'écran, c.à.d. les points ne suivant pas la distribution théorique). De plus, la distance du χ^2 est extrêmement divergente et

ceci donne une grande marge de manœuvre à l'algorithme. Ainsi, une modification relativement grande du seuil de coupure n'aura que peu d'effet sur la classification. Au pire, on risque de rater un tout petit nombre de points (au niveau des bordures des zones limites).

🔊 Pour obtenir des résultats précis, il faut par contre connaître ou mesurer la distribution du bruit de mesure (une sorte de bruit moyen, en première approximation, comprenant le bruit du laser, à la surface scannée, à la lumière, à la température, à la création du maillage dans le cas d'une comparaison nuage/maillage, etc.) Les paramètres de la distribution statistique correspondante peuvent donc être définis à partir de connaissances à priori mais aussi être déterminés à partir d'un champ scalaire (une portion du nuage typiquement) avec la fonction de calcul de paramètres statistiques à partir d'un champ scalaire (Cf. section 3.1.5.2).

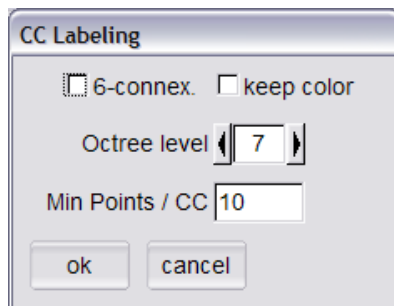
✂ L'algorithme crée un nouveau type de champ scalaire (« Chi2 Distances »).



3.1.3.7 Extraction des composantes connexes

🔊 Remarque : pour appeler cette fonction, il faut sélectionner une seule entité 3D.

Si un nuage est composé de plusieurs parties suffisamment dissociées les unes des autres, il est possible de le subdiviser assez simplement via l'octree. Ceci est fait dans CloudCompare grâce à une approche d'extraction des composantes connexes. C'est un algorithme courant, généralement appliqué aux images 2D binaires et qui a ici été étendu à une grille 3D binaire.

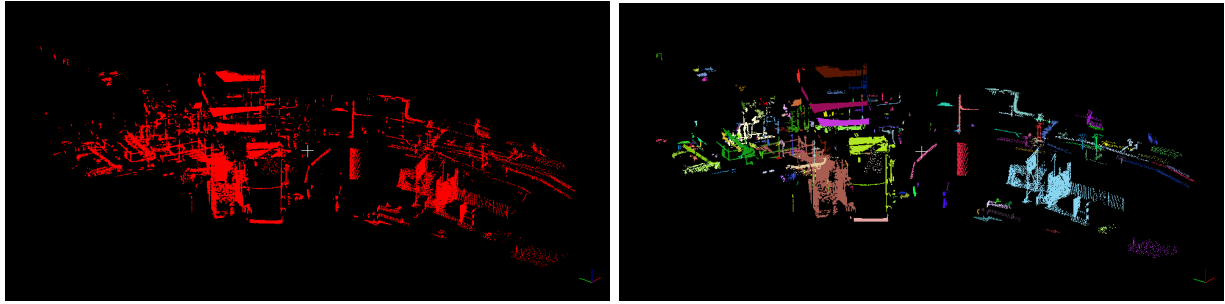


L'utilisateur choisit principalement le niveau d'octree auquel l'algorithme est appliqué. Celui-ci va en fait définir grossièrement l'écart minimal entre groupes de points pour pouvoir les différencier. Plus le niveau d'octree est grand et plus l'écart est faible. Ainsi on extraira plus de sous-groupes (ce qui n'est pas forcément souhaitable).

Un deuxième paramètre important est le nombre minimal de points par composante connexe. Si un groupe est composé d'un nombre de points inférieur à ce nombre, alors il ne sera pas extrait sous forme d'une nouvelle entité. Ceci permet de limiter le nombre de listes créées par l'algorithme.

L'option « 6-connect » permet de choisir la « connexité » prise en compte dans l'algorithme par défaut, la connexité est 26 (toutes les cellules voisines – en 3D – sont prises en compte), mais il est possible de la restreindre à 6 (uniquement les cellules voisines partageant une face).

Enfin, l'option « keep color » permet de dire à CloudCompare de garder la couleur originelle des points (autrement, CloudCompare génère des couleurs au hasard pour chaque nouvelle liste).



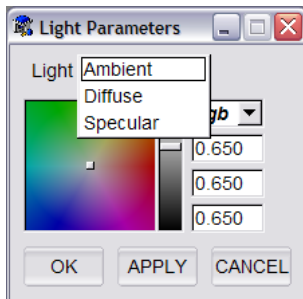
**Figure 20 - extraction des composantes connexes au niveau 8 de l'octree
(minimum 50 points / CC)**

🔊 Plus le niveau d'octree est grand et plus la mémoire nécessaire est importante. Le niveau d'octree est donc un paramètre sensible qu'il est difficile de régler sans expérience. Une approche par niveau successif peut donc être nécessaire (en commençant typiquement au niveau 7). On peut aussi jouer avec les fonctions de représentations de l'octree (représentation Wire ou Plain Cubes, Cf. section 2.2 – « Octree ») pour estimer les tailles des cellules aux différents niveaux.

3.1.4 Fonctions d'édition et de visualisation



3.1.4.1 Réglage des paramètres OpenGL d'éclairage



Cette icône permet l'affichage de la fenêtre de réglage des paramètres d'éclairage OpenGL (communs aux deux contextes). Il est possible de régler les composantes « Ambient », « Diffuse » et « Specular » (3 canaux R, G, B pour chacune). Ces paramètres sont sauvegardés entre deux sessions de CloudCompare (via la base de registre).



3.1.4.2 Segmentation graphique

Cet outil permet de segmenter la ou les entités 3D sélectionnées en définissant un contour à l'écran (polyligne 2D).

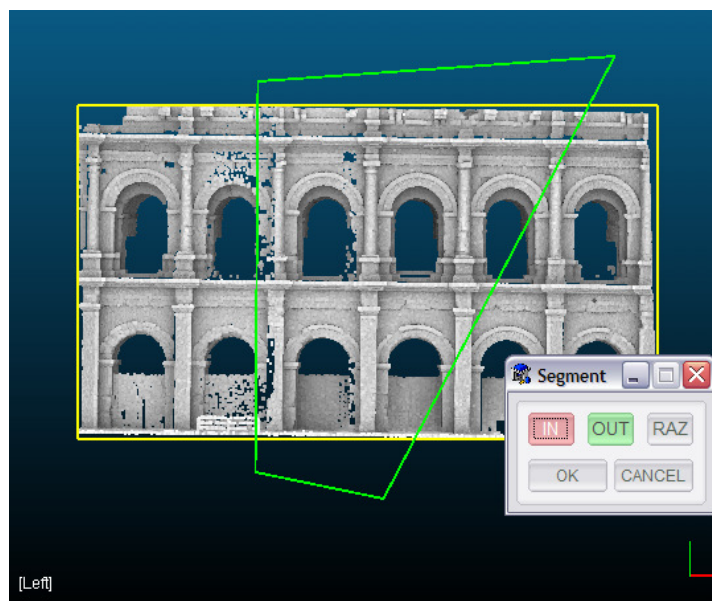


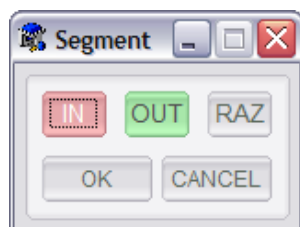
Figure 21 - Outil de segmentation graphique

Une fois l'outil de segmentation graphique lancé, le contexte où se trouve les entités sélectionnées (il ne devrait y en avoir qu'un seul), passe dans un mode spécial (certaines interactions avec la souris ne sont plus possibles, et d'autres apparaissent). Une petite fenêtre apparaît aussi (voir En particulier, Figure 21, en bas à droite).

La segmentation se fait par la définition d'une frontière (fermée) à l'écran. Cette frontière est définie par l'utilisateur par des pressions successives sur le bouton gauche qui positionnent les sommets d'une polyligne. Cette polyligne apparaît (en vert) dès que l'utilisateur a défini au moins deux sommets. Une fois les sommets définis, l'utilisateur doit « fermer » la polyligne en cliquant sur le bouton droit de la souris.

Une fois fermée, il n'est plus possible de rajouter des sommets à la polyligne. Tout clique gauche débutera une nouvelle polyligne et fera ainsi disparaître l'ancienne. Pour recommencer à zéro le tracé d'une polyligne, il suffit donc de fermer la polyligne en cours et recommencer la définition des sommets.

Une fois la frontière correctement définie et fermée, l'utilisateur peut alors choisir le mode de segmentation via les boutons de la fenêtre « Segmentation » :



- « IN » : seuls les points **à l'intérieur** de la frontière sont conservés (l'affichage est alors mis à jour)
- « OUT » : seuls les points **à l'extérieur** de la frontière sont conservés (l'affichage est alors mis à jour)
- « RAZ » : remise à zéro, tous les points sont réaffichés et la sélection est vide.

Les étapes « définitions de frontière » et « sélection in ou out » peuvent être répétées plusieurs fois. Une fois la sélection terminée, l'utilisateur doit cliquer sur le bouton « OK » pour la valider, ou « CANCEL » pour l'annuler.

Dans le cas où l'utilisateur confirme la sélection, CloudCompare va lui poser une dernière question : faut-il supprimer les points sélectionnés de l'entité (ou laisser celle-ci telle quelle) ? Dans tous les cas, un nouveau nuage sera créé avec les points sélectionnés. Si l'utilisateur répond oui (« yes »), ils seront supprimés de la liste originale qui correspondra alors à l'inverse de la sélection. Autrement, cette liste sera cachée automatiquement (pour clarifier l'affichage).

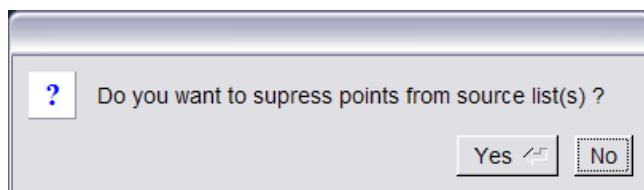


Figure 22 - fin du processus de segmentation

Dans le mode « segmentation, il n'est pas possible de faire tourner ou de déplacer les entités 3D. Il est par contre possible de changer le point de vue de la caméra en ouvrant la fenêtre de paramétrage du contexte graphique courant (« Left / Right Options », en cliquant sur le bouton situé en dessous du contexte, à gauche – Cf. section 2.1.1.3) et en sélectionnant un des 6 points de vue prédéfinis.

Il est aussi possible de segmenter un maillage avec cet outil (voir Figure 23). C'est un comportement général dans CloudCompare : lorsqu'un nuage est segmenté (par un algorithme ou par l'utilisateur), et que ce nuage correspond aux sommets d'un maillage, le maillage est aussi segmenté. Par contre, les triangles tombant à cheval sur la frontière ne sont pas subdivisés.

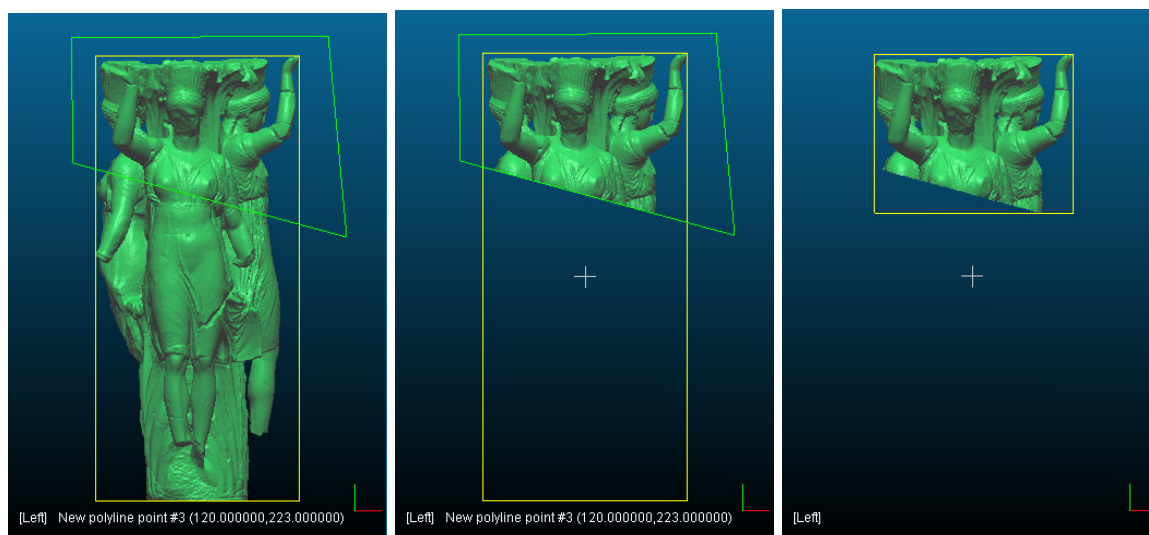


Figure 23 - Segmentation d'un maillage par l'outil graphique



3.1.4.3 Translation/Rotation

Cet outil permet de modifier interactivement la position absolue des entités 3D sélectionnées (et donc de modifier leur position relativement à celles qui ne sont pas sélectionnées).

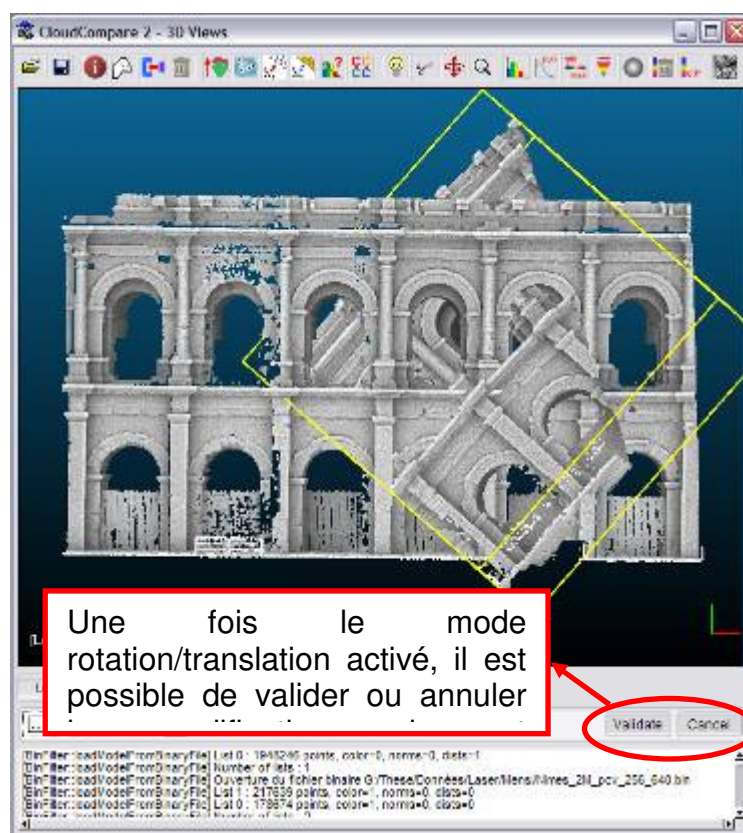


Figure 24 - Translation/Rotation

Une fois le mode activé, on peut remarquer que deux boutons apparaissent en bas à droite de la fenêtre « 3D Views ». L'utilisateur peut alors déplacer et tourner les entités



3D sélectionnées (uniquement) avec les mêmes règles de déplacement qu'en mode visualisation standard. Une fois le déplacement terminé, l'utilisateur peut le confirmer en cliquant sur « Validate » ou l'annuler en cliquant sur « Cancel ».



3.1.4.3.1 Zoom

Cet outil provoque un zoom global sur la ou les entités 3D sélectionnées de sorte qu'elles apparaissent entièrement dans leur contexte graphique. **De plus, le centre de rotation du contexte devient le centre de gravité de l'entité (ou du groupe d'entité si plusieurs entités sont sélectionnées).**

3.1.5 Fonctions de gestion des champs scalaire

Dans cette section sont détaillés le rôle de chaque icône appartenant au sous-groupe concernant le ou les champs scalaires associés aux entités 3D. Ces icônes ne sont activées que si le ou les entités 3D sélectionnées possèdent un champ scalaire et que celui-ci est « actif » (Cf. 2.2 – « Scalar Fields »).



3.1.5.1 Histogramme

Affiche l'histogramme du champ scalaire actif dans une nouvelle fenêtre. L'utilisateur peut cliquer dans cette fenêtre pour faire apparaître et déplacer un indicateur (donnant répartition des valeurs de chaque côté de l'indicateur, etc.).

Il est possible de modifier dynamiquement le nombre de classes de l'histogramme avec les signes « - » et « + » situés en haut à droite de la fenêtre.

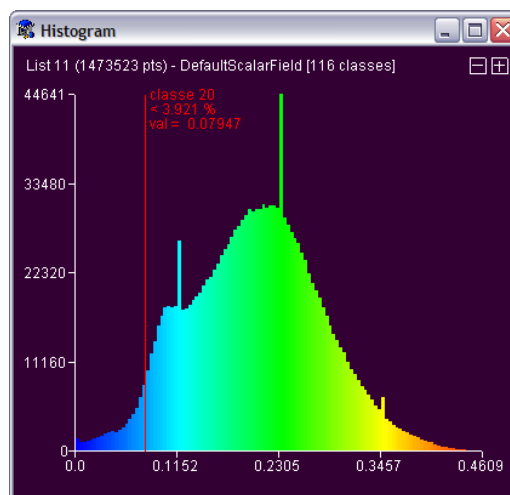


Figure 25 - Histogramme d'un champ scalaire

🔊 Pour l'affichage des valeurs, CloudCompare reprend la rampe de couleur active (Cf. 2.2 – « Scalar Fields »).



3.1.5.2 Calcul des paramètres statistiques

Calcule les paramètres de la loi statistique choisie (Gauss, Weibull, etc.) à partir des valeurs du champ scalaire actif du nuage sélectionné. La fonction renvoie typiquement la moyenne et la déviation standard du champ scalaire courant si la loi est normale, ou les paramètres (a,b) si c'est une loi de Weibull (auquel cas CloudCompare donne aussi des estimations de la moyenne et de la déviation standard, affichées dans la console).

La méthode représente aussi l'adéquation entre la loi calculée (trait blanc) et l'histogramme du champ scalaire dans une fenêtre qui apparaît à la fin du calcul (voir

Figure 26). Les valeurs des paramètres de la loi sont affichées en haut de la fenêtre (ainsi que dans la console, avec la distance du χ^2 entre la distribution calculée et les valeurs du champ scalaire).

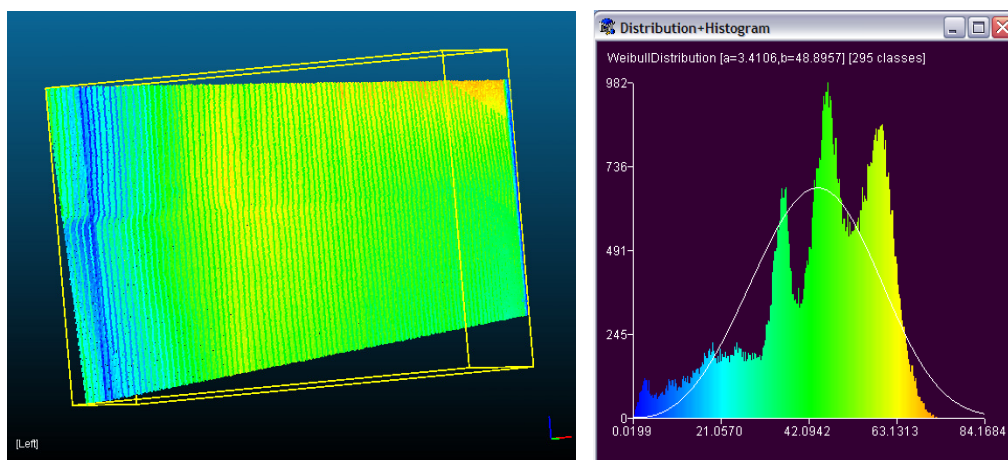
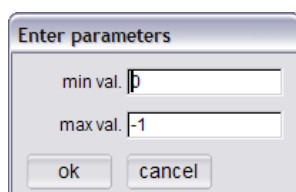


Figure 26 - Calcul des paramètres de la distribution de Weibull (droite) à partir d'un champ scalaire associé à un nuage de point (gauche)

Les paramètres de la loi ainsi déterminés pourront typiquement être utilisés dans la fonction de test statistique local, qui permet de filtrer un nuage de point à partir de son comportement statistique local (voir 3.1.3.6).



3.1.5.3 Segmentation d'un nuage à partir d'un intervalle de valeurs scalaires



Cette fonction permet de segmenter un nuage en définissant un intervalle de valeurs scalaires. Tous les points dont les valeurs scalaires (tirées du champ scalaire actif) tombent dans cet intervalle seront recopiés dans un nouveau nuage de points.

Il est possible de ne rien préciser pour l'une ou l'autre borne (en laissant la valeur dans le champ correspondant à -1), auquel cas CloudCompare calculera la borne correspondante du champ scalaire actif.



3.1.5.4 Calcul du gradient

Cette fonction permet de calculer les normes du gradient du champ scalaire actif. Lorsqu'elle est appelée, CloudCompare demande à l'utilisateur de préciser si le champ scalaire est composé de distances euclidiennes (telles que les distances calculées entre deux nuages ou entre un nuage et un maillage). Si oui, l'algorithme filtrera les valeurs abérentes, qui sont alors facilement détectables (le gradient en valeur absolue ne peut pas être supérieur à 1 – Cf. thèse de D. Girardeau-Montaut).

✂ L'algorithme crée un nouveau type de champ scalaire (« Gradient norms »).

Le fait que la valeur de la norme du gradient n'est jamais supérieure à 1 est vrai en réalité pour tout champ scalaire dont les valeurs varient proportionnellement à la distance entre les points (c'est donc le cas d'un champ de distances).

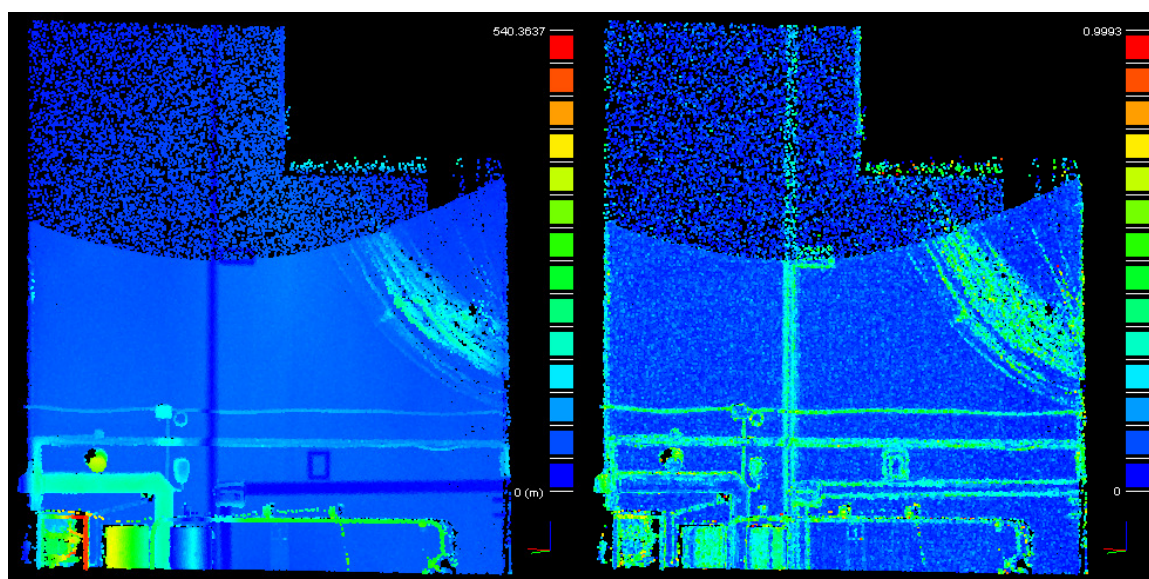
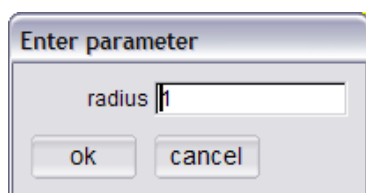


Figure 27 - nuage de point avec distances (gauche) et gradient correspondant (droite)



3.1.5.5 Filtre gaussien



Application d'un filtre gaussien au champ scalaire actif. Il faut simplement définir le noyau « sigma » du filtre gaussien. Pour régler ce paramètre simplement, on peut se servir de l'octree, en prenant comme noyau la taille d'une cellule au niveau 8 pour un filtrage doux, 7 pour un filtrage relativement fort, etc. (la taille d'une cellule est affichée au

niveau de la console lorsqu'on affiche un « rendu » du nuage via l'octree - Cf. section 2.3.8).

A partir de sigma, on peut déduire très simplement le rayon de la sphère en 3D délimitant le voisinage qui sera considéré autour de chaque point. On calcule en effet pour chaque point la moyenne des valeurs scalaires de ses voisins, moyenne pondérée par la distance selon une loi gaussienne. Etant donné que $3 \times \text{sigma}$ correspond à un écrasement du poids de 99,9 %, il n'est pas utile de considérer les points plus éloignés. Plus le noyau est grand, et plus le calcul est lent.

Cette fonction est très utile pour lisser le résultat d'un calcul du gradient mais aussi d'un calcul de Portion de Ciel Visible par exemple.

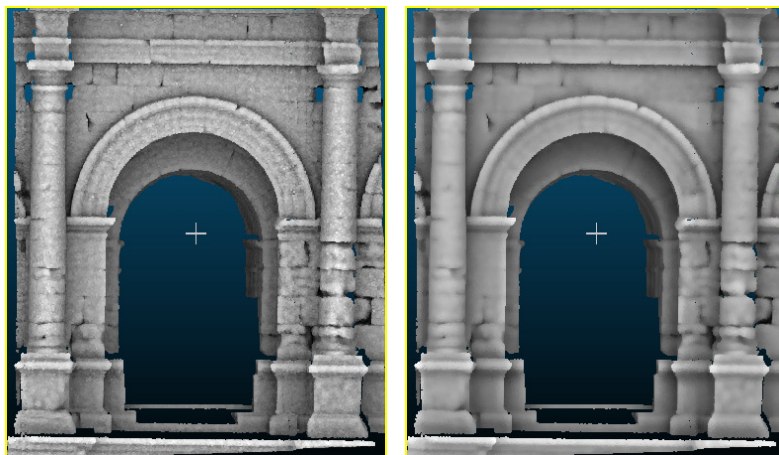


Figure 28 - Application d'un filtre gaussien à un calcul de Portion de Ciel Visible



3.1.5.6 Suppression du champ scalaire actif

Supprime le champ scalaire actif. Par défaut, le champ scalaire actif est mis sur « NONE » (même si le nuage possède d'autres champs).



3.1.5.7 Calcul de différences entre deux champs scalaires

Outil de calcul de différences point à point entre deux champs scalaires portés par des nuages identiques. Son principe est de calculer pour deux nuages « identiques » portant chacun un champ scalaire, la différence des valeurs portées par les points équivalents.

Cet algorithme nécessite la sélection de deux nuages et uniquement deux. CloudCompare demandera à l'utilisateur de préciser le rôle des nuages, via l'interface générique présentée en section 3.1.3.1). En effet, le calcul est signé, et il faut donc décider d'un ordre pour la soustraction des valeurs ($\text{champ}_{\text{diff}} = \text{champ}_A - \text{champ}_B$). C'est d'ailleurs le premier nuage (le nuage « A ») qui recevra un nouveau champ scalaire correspondant à la différence.

🔊 Le terme « identique » est en fait un peu fort. Il suffit que tous les points du nuage A se trouvent dans le nuage B. Ainsi, il suffit que le nuage A soit une sous-partie du nuage B.

✂ L'algorithme crée un nouveau type de champ scalaire (« Diff ») qui est signé.

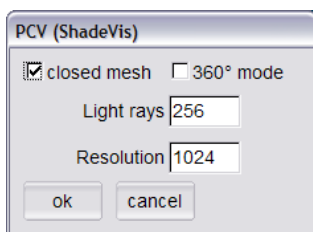
3.1.6 Fonctions relative au calcul de Portion de Ciel



3.1.6.1 ShadeVis

🔊 Remarque : pour appeler cette fonction, il faut sélectionner une seule entité 3D.

Cet outil permet de calculer rapidement l'illumination des points d'un nuage ou des sommets d'un maillage par détermination de la « Portion de Ciel Visible ». Cet éclairage consiste à calculer pour chaque point la quantité de ciel qu'il voit, ou autrement dit la quantité d'énergie lumineuse qu'il recevrait s'il le nuage était éclairé uniformément. Ceci permet de colorier les points en fonction de leur profondeur relative et cela fait très bien ressortir le relief et la micro géométrie.



Les deux principaux paramètres de l'algorithme sont le nombre de « rayons » lumineux et la résolution du buffer de rendu. Le calcul est en effet effectué avec l'algorithme ShadeVis proposée par Cignoni et al. (VCG). Il utilise un buffer en mémoire, dont la résolution va influencer directement sur la qualité du rendu et le temps de calcul (plus le buffer est grand, plus la mémoire nécessaire sera grande et le temps de calcul

important, mais plus le calcul sera fin). Néanmoins, l'utilisation de la carte graphique lui assure des performances très intéressantes dans l'absolu, il ne faut donc pas hésiter à utiliser des valeurs importantes (telles que les valeurs par défaut).

✂ L'algorithme crée un nouveau type de champ scalaire (« PCV ») et la rampe de couleur « Gray » (niveaux de gris) est automatiquement activée.

🔊 Important : la dimension Z est la direction verticale par défaut ! Le nuage de points doit donc être orienté en conséquence avant application de l'algorithme.

🔊 Puisque l'illumination calculée par cet algorithme est un champ scalaire, il est possible de jouer avec les potentiomètres de saturation pour régler le contraste. Dans le cas d'un maillage, on peut aussi utiliser les fonctions de moyenne et de rehaussement du contraste (proposées par Cignoni et al.) accessibles via le menu principal (« List Operations > Colors > ShadeVis > Smooth / Enhance »). Une fois les paramètres correctement réglés, on peut transformer le champ scalaire en « couleur » en appuyant sur le bouton « Set Color » (Cf. 2.2).

🔊 L'éclairage du ciel est approximée par un nombre limité de « rayons » lumineux, qui sont échantillonnés de manière uniforme sur l'hémisphère (ou la sphère complète si le mode 360° est activé). Il n'y a pas pour autant de lancer de rayon dans ShadeVis (on devrait plutôt parler de direction d'observation - Cf. l'article de Cignoni et al. pour plus d'informations).

🔊 Dans le cas des maillages, il est possible d'accélérer l'algorithme si le maillage est fermé (option « closed mesh », activée par défaut).

🔊 Dans le cas des nuages de points, il faut faire attention à ce que la résolution ne soit pas trop grande, auquel cas des « trous » vont apparaître entre les points lors du



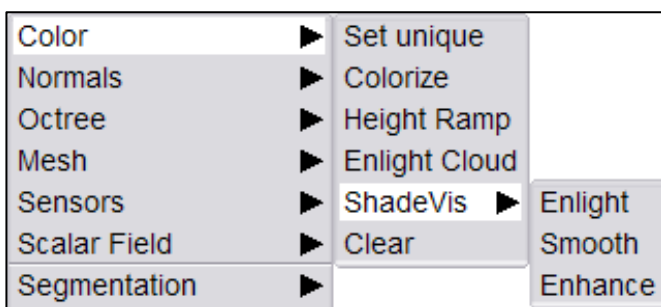
rendu interne (ceci est simplement du au fait que la densité d'un nuage est limitée, et que pour un niveau de zoom suffisant, on observera toujours des zones sans information entre les points).

3.2 Fonctions accessibles via le menu

Dans cette partie sont décrites les fonctions de CloudCompare qui sont accessibles via le menu « List Operations » (certaines sont redondantes avec les fonctions accessibles via la barre d'icône situé en haut de la fenêtre « 3D Views » - Cf. section 3.1).

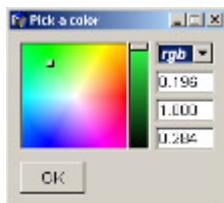
On détaille les fonctions dans leur ordre d'apparence dans le menu, en les classant au passage par sous-menu (logique).

3.2.1 Colors



Ce menu regroupe les opérations de coloration et de gestion des couleurs du nuage ou du modèle 3D sélectionné.

3.2.1.1 Set Unique



Permet de définir une couleur pour tous les points de l'entité 3D. Le choix est manuel, soit en cliquant sur la zone colorée (et en faisant varier l'intensité avec l'ascenseur en dégradé au centre), soit en rentrant manuellement les paramètres dans les trois champs situés à droite.

🔊 Différents formats d'entrée sont disponibles : rgb (RVB, valeurs flottantes entre 0.0 et 1.0), byte (RVB, valeurs entières entre 0 et 255), hex (RVB, valeurs hexadécimales entre 0x00 et 0xFF) et hsv (teinte, saturation, valeur).

3.2.1.2 Colorize

Même interface que la fonction « Set Unique » (voir ci-dessus). Cette fonction permet de teinter les couleurs actuelles de la liste (par multiplication des valeurs de couleur de chaque point par celles de la couleur sélectionnée). Si la liste n'a pas de couleur, alors la fonction est équivalente à « Set Unique ».

3.2.1.3 Height Ramp

Permet d'appliquer une échelle de couleur à la liste en fonction de la hauteur. Il faut définir :

- la couleur de départ et d'arrivée (par des interfaces équivalente à celle présentée en 0).
- la dimension selon laquelle le dégradé est calculé.
- enfin l'utilisateur peut aussi cocher la case « use default ramp », au quel cas il n'a pas besoin de définir les couleurs de départ et d'arrivée (la rampe de couleur par défaut de CloudCompare est utilisée – voir Figure 30).

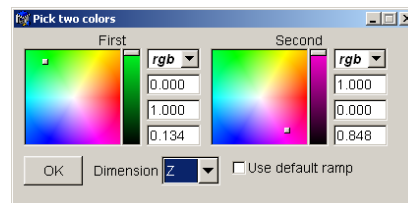


Figure 29 - rampe de couleur par défaut

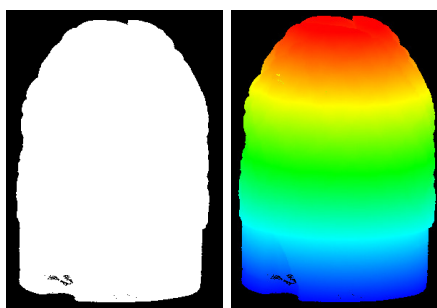
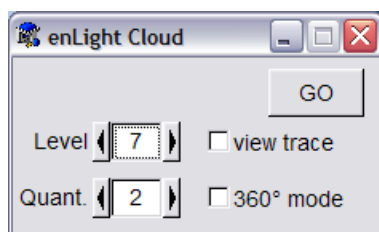


Figure 30 - exemple de résultat après application d'une rampe de couleur (ici, la rampe par défaut)

3.2.1.4 Enlight

« Enlight » est une ancienne fonction de CloudCompare qui permet de calculer un éclairage du nuage en « Portion de Ciel Visible » (PCV – Cf. section 3.1.6.1) par un algorithme très lent et avec un résultat généralement (largement) inférieur à celui obtenu avec l'algorithme ShadeVis.



L'utilisateur doit choisir le niveau d'octree auquel est appliqué le calcul : plus le niveau est élevé, et plus la précision du calcul est grande (et donc le résultat est fin). Le problème est que le temps de calcul augmente exponentiellement avec le niveau d'octree. En gros, un niveau supplémentaire multiplie le temps de calcul – et la mémoire utilisée – par un facteur compris entre 6 et 8 ! De

plus, il faut prendre en compte le fait qu'il faut un nombre suffisant de point par cellule de l'octree pour un résultat réaliste. Il faut donc s'assurer que le nombre moyen de point par cellule pour un niveau donné soit suffisant (au moins 2 ou 3 points/cellule typiquement). Le choix du bon niveau est donc difficile et demande de l'expérience. Une approche par itérations successives (en partant d'un niveau relativement faible – « 7 » typiquement) est donc recommandée.

L'option « Quant. » permet de définir le nombre de directions d'éclairage (en effet, on approxime l'éclairage uniforme par échantillonnage d'un certain nombre de directions sur la sphère. Le nombre de rayons est égal à $2^{\text{quant}+3}$ (soit 32 pour quant=2, et 64 pour quant=3). La valeur « 2 » devrait être laissée par défaut.

L'option « view trace » permet de visualiser l'éclairage au fur et à mesure de l'exécution de l'algorithme. C'est une fonction de test et elle ne devrait pas être utilisée (elle ralentit grandement l'exécution de l'algorithme).

Enfin, l'option « 360° mode » permet de choisir un éclairage global sur toute la sphère (par défaut, les rayons lumineux ne sont échantillonnés que sur l'hémisphère supérieur, pour simuler le ciel).

Important : la dimension Z est la direction verticale par défaut. Le nuage de points doit donc être orienté en conséquence avant application de l'algorithme.

✂ L'algorithme crée un nouveau type de champ scalaire (« PCV ») et la rampe de couleur « Gray » (niveaux de gris) est automatiquement activée.

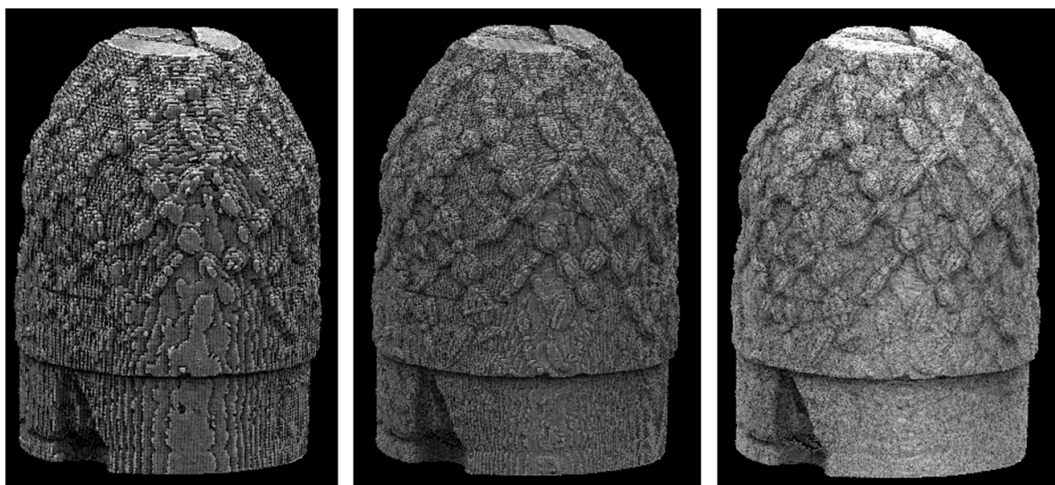


Figure 31 - Eclairage en PCV 3D aux niveaux 7, 8 et 9 (de gauche à droite)

🔊 Il est aussi possible d'améliorer fortement le résultat en appliquant un « flou gaussien » sur le champ scalaire généré par l'algorithme de PCV (Cf. section 3.1.5.5).

3.2.1.5 ShadeVis

3.2.1.5.1 Englith

Fonction de calcul de Portion de Ciel Visible (ShadeVis). Voir section 3.1.6.1.

3.2.1.5.2 Smooth

Fonctions de « flou » (typiquement applicable après le calcul d'illumination PCV/ShadeVis sur un maillage – voir section 3.1.6.1) par calcul de la moyenne des valeurs scalaires des voisins à chaque sommet d'un maillage.



3.2.1.5.3 Enhance

Fonctions de « rehaussement du contraste » (typiquement applicable après le calcul d'illumination PCV/ShadeVis sur un maillage – voir section 3.1.6.1) par ajout de la moyenne des valeurs scalaires des voisins à chaque sommet d'un maillage.

3.2.1.6 Clear

Efface la caractéristique « couleur » de l'entité 3D.

3.2.2 Normals

Normals	►	Compute (LS)
Octree	►	Compute (HF)
Mesh	►	Invert
Sensors	►	Resolve direction
Scalar Field	►	Clear

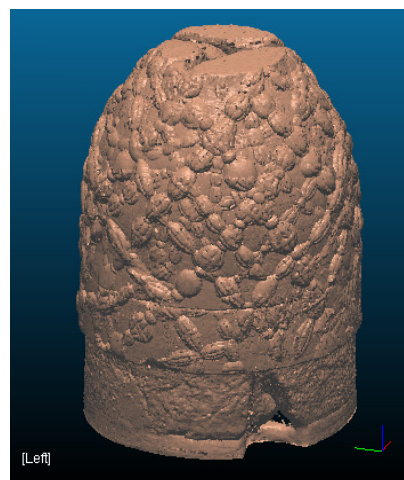
Ce menu regroupe les opérations de calcul et de gestion des normales du nuage ou du modèle 3D sélectionné.

3.2.2.1 Compute (LS,HF)

Ces deux fonctions permettent de calculer les normales (non signée) d'un nuage de points qui en serait dépourvu par des méthodes différentes. Pour obtenir un champ de normales signées, il faut utiliser la fonction « Resolve direction » (Cf. section 3.2.2.3).

Les deux méthodes de calcul se différencient par leur rapidité et leur précision :

- **LS** : approche par calage local de plan par la technique des moindres carrés (méthode rapide mais bruitée)
- **HF** : approche par interpolation des points par une fonction de hauteur quadratique (plus robuste mais moins rapide)



3.2.2.2 Invert

Inverse systématiquement l'orientation de tous les vecteurs normaux. A utiliser conjointement avec « Resolve direction » (Cf. section suivante).

3.2.2.3 Resolve direction

Algorithme de résolution du sens « correct » des vecteurs normaux associés à un nuage de points. La résolution se fait de proche en proche, par propagation d'un ou plusieurs fronts sur le nuage (algorithme de Fast Marching).

La propagation se fait sur une grille 3D (ici l'octree) et il faut donc choisir un niveau d'octree auquel appliqué l'algorithme. Le choix du bon paramètre n'est malheureusement pas évident, car un niveau faible va entraîner des cellules de taille importante, d'où une propagation aisée et rapide mais pas de prise en compte des circonvolutions locales, alors qu'un niveau élevé va entraîner l'inverse (mais plus la propagation est difficile – i.e. par morceaux – plus le risque de voir des zones proches ayant des sens opposés est forte). Il faut donc essayer l'algorithme à différents

niveaux d'octree, en commençant typiquement à 5 ou 6, puis remonter jusqu'à trouver un niveau satisfaisant. L'algorithme est très rapide, et il peut être exécuté à volonté (il ne modifie pas les normales, uniquement leur sens).

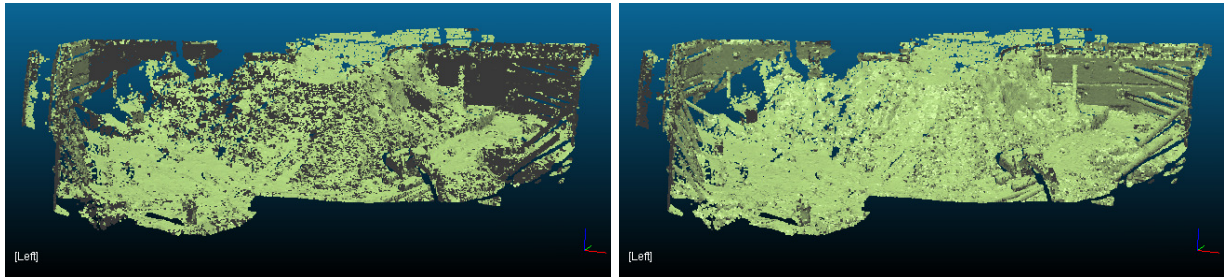


Figure 32 - Calcul des normales non signées (à gauche – les zones sombres correspondent à des vecteurs inversés) et résultat après résolution du sens (à droite - niveau 6 de l'octree)

🔊 La résolution est au sens près, il peut donc être nécessaire d'utiliser la fonction « Invert » (voir section précédente) pour obtenir le résultat recherché.

3.2.2.4 Clear

Efface la caractéristique « normales » de l'entité 3D.

3.2.3 Octree

Octree	►	Compute
Mesh	►	Simplify Cloud
Sensors	►	Resample Cloud
Scalar Field	►	Extract CCs
Segmentation	►	Delete

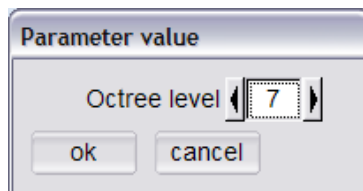
L'octree est une structure très importante de CloudCompare, qui est à la base de la plupart des algorithmes utilisés par les différentes fonctions du logiciel. Il est en général généré automatiquement par les algorithmes qui en ont besoin, mais il est tout de même possible de le générer sur demande ou d'appliquer certaines fonctions qui en dépendent directement.

3.2.3.1 Compute

Cette fonction calcule une structure octree (subdivision récursive de l'espace) au dessus du nuage de points sélectionné (ou des sommets dans le cas d'un maillage). Le niveau maximal de profondeur de cet octree est 10 (par défaut).

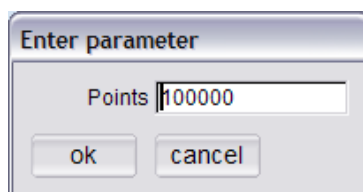
✂ Une fois l'octree calculé, la zone « Octree » de l'arbre de navigation pour la liste concernée est mise à jour. Si le calcul de l'octree est déclenché par l'utilisateur (via cette fonction), alors l'affichage bascule automatiquement en mode « rendu octree » (Cf. section 2.2 – « Octree » pour plus d'informations sur les différents modes de visualisation) et les points sont automatiquement cachés.

3.2.3.2 Simplify Cloud



Cette fonction permet de générer un nouveau nuage de points à partir de l'octree en remplaçant chaque cellule (à un niveau donné) par son centre de gravité. Les autres caractéristiques comme la couleur ou les vecteurs normaux ne sont pas conservés. L'algorithme s'applique donc à un niveau donné de l'octree.

3.2.3.3 Resample Cloud



Fonction de ré-échantillonnage (grossier) des points, équivalente à la fonction précédente (« Simplify Cloud »). L'utilisateur doit donner le nombre de points final désiré (ce nombre doit être inférieur au nombre total de points du nuage sélectionné !). CloudCompare déduit alors automatiquement le niveau d'octree permettant d'obtenir le nombre de points le plus proche de la consigne.



3.2.3.4 Extract CCs

Fonction d'extraction des composantes connexes. Cf. section 3.1.3.7).

3.2.3.5 Delete

Supprime la structure octree de la/les liste(s) sélectionnée(s).

3.2.4 Triangulation

Mesh	▶	Sample points
Sensors	▶	Compute (in XY plane)
Scalar Field	▶	Compute (best LS plane)
Segmentation	▶	Measure surface
Modify	▶	Delete

Ce menu regroupe les fonctions relatives à la création ou à la gestion d'un maillage (triangulaire uniquement). Les fonctions de créations du maillage utilisent la triangulation de Delaunay 2D (via la très rapide librairie Triangle – voir section 1.1).

Il n'y a pas de fonctions de triangulation 3D à proprement parler dans CloudCompare puisque le but du logiciel est justement, entre autre, d'éviter leur création lorsque l'on compare des nuages de points 3D. Ceux-ci peuvent néanmoins être importés via l'ouverture de fichiers OBJ, PLY, VRML, X3D, etc. (pour effectuer des opérations de comparaison nuage/maillage principalement).

3.2.4.1 Sample points

Echantillonnage de points sur un maillage. Cf. section 3.1.3.2.

3.2.4.2 Compute (in XY plane)

Calcule la triangulation de Delaunay 2D dans le plan XY par défaut (Z est donc la hauteur). Le maillage est donc « 2D $\frac{1}{2}$ » (cette méthode n'est donc adaptée que pour les nuages quasi « plats », et correctement positionnés dans l'espace).

3.2.4.3 Compute (best LS plane)

Fonction équivalente à « Compute (in XY plane) » (voir section précédente) mis à part que la triangulation de Delaunay 2D est calculée dans le meilleur plan interpolant le nuage au sens des moindres carrés.

3.2.4.4 Measure surface

Calcule la surface du maillage (exprimée en unités courantes de la liste au carré).

3.2.4.5 Delete

Supprime le maillage de la/les liste(s) sélectionnée(s).



3.2.5 Sensors

Sensors	►	Project
Scalar Field	►	Show buffer
Segmentation	►	Delete

Prise en compte des paramètres d'acquisition du nuage de point pour améliorer les résultats de la comparaison entre deux nuages.

3.2.5.1 Project

Cette fonction permet de définir les paramètres du capteur laser qui a permis l'acquisition du nuage de points. Ainsi, de nombreux paramètres sont réglables :

- « Rotations order » : ordre des rotations du scanner (moteur, miroir). Deux choix actuellement : θ puis ϕ (type GS de Mensi) ou ϕ puis θ (type Soisic de Mensi).
- « Sensor position » : position du centre optique du scanner (exprimée dans le référentiel du nuage de point)
- « Sensor base » : écart entre l'émetteur laser et le récepteur (utile pour Soisic typiquement).
- « Sensor orientation » : repère du capteur exprimée par rapport au repère du nuage.
- « Sensor steps » : pas angulaires du capteur selon θ et ϕ .

Une fois les paramètres appliqués, CloudCompare calcule et affiche une carte de profondeur du nuage (obtenue en projetant les points dans le référentiel angulaire du capteur – voir Figure 33).

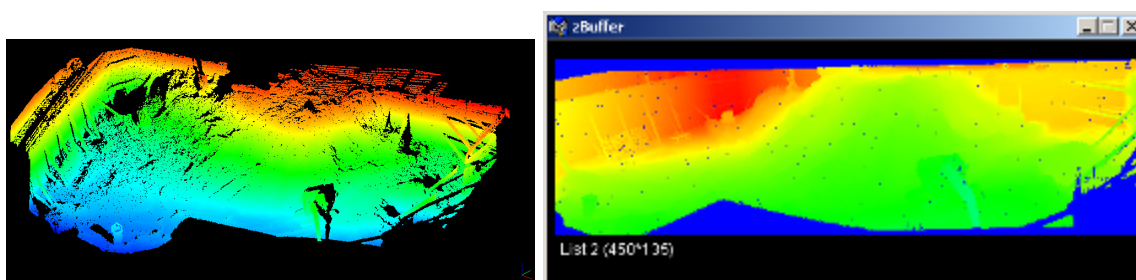


Figure 33 - nuage de point (gauche) et carte de profondeur correspondante (droite)

✂ Il est possible d'éviter la projection manuelle d'un ou plusieurs nuages, en utilisant le format de fichier « .POV » (Cf. section « Formats de fichiers »). Ce type de fichier permet en particulier de créer des nuages composés de plusieurs points de vues.

 La plupart de ces paramètres sont récupérables à partir du logiciel de capture ou de traitement du nuage de points fourni avec le scanner (Par exemple : 3D Ipsos ou Realworks pour les scanners Mensi).

3.2.5.2 Show buffer

Affiche la carte de profondeur associée au nuage (nécessite la définition des paramètres du capteur préalablement soit manuellement - voir 3.2.5.1 - soit via l'ouverture d'un fichier « .POV » - voir section « Formats de fichiers »).

3.2.5.3 Delete

Supprime les paramètres du capteur et la ou les cartes de profondeur associées.



3.2.6 Scalar Field

Scalar Field	►	Distances	►
Segmentation	►	Statistics	►
Modify	►	Filter by value	
Develop	►	Histogram	
Misc	►	Gradient	
Clone	Ctrl+n	Gaussian Filter	
Delete	Ctrl+d	Multiply	
Save	Ctrl+s	delete	
Infos	Ctrl+i	delete all (!)	

Fonctions de calcul de distances, de calculs statistiques, et autres fonctions génériques applicables à des champs scalaires quelconques (distances, éclaircissement, etc.) portés par un nuage de points (ou les sommets d'un maillage).

3.2.6.1 Distances

Distances	►	Cloud-Cloud
Statistics	►	Cloud-Mesh
Filter by value		Chamfer<3,4,5>
Histogram		Closest Point Set
Gradient		Diff

Fonctions de calcul de distances entre deux nuages de points ou entre un nuage et un maillage.

3.2.6.1.1 Cloud-Cloud

Calcul de distance nuage/nuage. Cf. section 3.1.3.3.

3.2.6.1.2 Cloud-Mesh

Calcul de distance nuage/maillage. Cf. section 3.1.3.3.

3.2.6.1.3 Chamfer<3,4,5>

Calcul d'un champ de distances approximatives entre deux nuages ou entre un nuage et un maillage par la technique de Chanfrein en 3D (poids <3,4,5>). Cette fonction est très pratique pour estimer les distances (elle est désormais intégrée au processus standard de comparaison – voir sections 3.1.3.3 et 3.1.3.4).

🔊 Remarque : pour appeler cette fonction, il faut sélectionner les deux listes à comparer, et uniquement ces deux listes.

🔊 On retrouve l'interface générique de choix du rôle de chaque liste (Cf. section 3.1.3.1), qui permet à l'utilisateur de préciser quelle est la liste comparée et quelle est la liste de référence. La liste comparée devrait toujours être un nuage de point

(autrement, CloudCompare utilisera les sommets du maillage comme « nuage comparé »).

En pratique, cette fonction projette les points du nuage (ou le maillage) de référence dans une grille 3D, sur laquelle on va propager une distance de Chanfrein. Il suffit ensuite de projeter les points du nuage comparé dans cette même grille pour obtenir une approximation de leur distance. L'approximation dépend directement du pas de la grille 3D. Ici on utilise l'octree, et il faut donc définir un niveau d'octree pour définir indirectement ce pas. C'est le seul paramètre de l'algorithme. En général le niveau 7 donne une première approximation très rapide, et le niveau 8 une approximation qui commence à être assez fine (mais plus le niveau d'octree est grand, et plus la mémoire nécessaire à l'exécution de l'algorithme est importante).

✂ L'algorithme crée un nouveau type de champ scalaire (« C2M Chamfer Distance » ou « C2C Chamfer Distance » pour une comparaison nuage/maillage et nuage/nuage respectivement).

🔊 L'erreur sur la mesure est d'autant plus grande que le point est éloigné **dans l'absolu**, mais elle est d'autant plus forte que le point est proche **en relatif** ! (voir Figure 34).

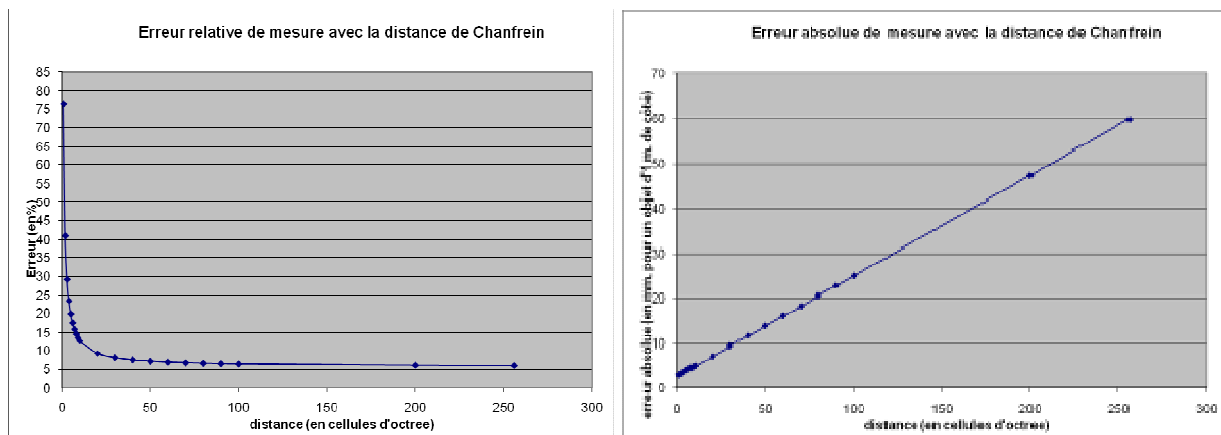


Figure 34 - Erreur de mesure relative (à gauche) et absolue (à droite) obtenue sur un objet de 1 m. de côté au niveau 8 de l'octree (soit 256 cellules selon chaque dimension)

3.2.6.1.4 Closest point set

Cette fonction calcule pour chaque point du nuage comparé, le point le plus proche dans le nuage de référence. L'ensemble de ces « points les plus proches » forme un nouveau nuage.

🔊 Remarque : pour appeler cette fonction, il faut sélectionner les deux listes à comparer, et uniquement ces deux listes.

🔊 On retrouve l'interface générique de choix du rôle de chaque liste (Cf. section 3.1.3.1), qui permet à l'utilisateur de préciser quelle est le nuage comparé et quelle est le nuage de référence.

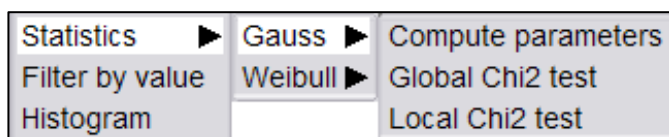


🔊 Le résultat est un nuage qui a exactement le même nombre de points que le nuage comparé, et dont chaque point appartient au nuage de référence (par construction, il peut y avoir des doublons). C'est un résultat qui est utilisé, par exemple, par l'algorithme de recalage automatique entre deux nuages de points (Cf. section 3.1.3.1). On peut aussi l'utiliser pour obtenir la partie d'un maillage « la plus proche » d'un nuage de point (en effet, lorsque le nuage est composé des sommets d'un maillage, CloudCompare segmente automatiquement le maillage en même temps que les sommets – ceci est un comportement générique – voir section 3.1.4.2 par exemple).

3.2.6.1.5 Diff

Calcul de la différence entre deux champs scalaires portés par des nuages équivalents. Cf. section 3.1.5.7.

3.2.6.2 Statistics

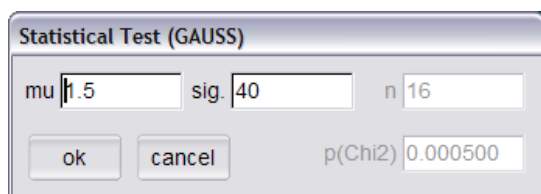


Fonctions de calculs statistiques sur un champ scalaire (le sous-menu est décliné en fonction de la loi statistique utilisée, mais est identique à chaque fois).

3.2.6.2.1 Compute parameters

Calcul des paramètres d'une loi statistique à partir d'un champ scalaire (porté par un nuage de points). Cf. section 3.1.5.2.

3.2.6.2.2 Global Chi2 test



Calcul de la distance du χ^2 entre une distribution statistique et un champ scalaire (porté par un nuage de points). Les paramètres de la fonction sont simplement les 2 paramètres de la distribution statistique.

🔊 Le résultat (la distance du χ^2) est affiché dans la console.

3.2.6.2.3 Local Chi2 test

Test statistique local. Cf. section 3.1.3.6.



3.2.6.3 Autres fonctions

Filter by value Histogram Gradient Gaussian Filter Multiply delete delete all (!)	Fonctions diverses applicables à des champs scalaires quelconques (distances, éclairément, etc.) portés par un nuage de points. On retrouve la plupart de ces fonctions au niveau de la barre d'icônes (Cf. section 3.1.5).
--	---

3.2.6.3.1 Filter by value

Segmentation d'un nuage par définition d'un intervalle de valeurs (relativement au champ scalaire actif). Cf. section 3.1.5.3.

3.2.6.3.2 Histogram

Affichage de l'histogramme du champ scalaire actif. Cf. section 3.1.5.1.

3.2.6.3.3 Gradient

Calcul des normes du gradient sur le champ scalaire actif. Cf. section 3.1.5.4.

3.2.6.3.4 Gaussian Filter

Application d'un filtre gaussien au champ scalaire actif. Cf. section 3.1.5.5.

3.2.6.3.5 Multiply

🔊 Remarque : pour appeler cette fonction, il faut sélectionner deux nuages munis de champs scalaires, et uniquement deux.

Cette fonction multiplie les champs scalaires des deux nuages de points sélectionnés. Les deux nuages doivent avoir le même nombre de point. Le champ scalaire de la première liste est mis à jour avec le résultat de la multiplication par l'algorithme.

3.2.6.3.6 delete

Efface le champ scalaire actif de la/les liste(s) sélectionnée(s). Cf. section 3.1.5.6.

3.2.6.3.7 *delete all* (!)

Efface tous les champs scalaires de la/les liste(s) sélectionnée(s).

🔊 Attention, pas de confirmation demandée !



3.2.7 Segmentation



Fonctions de segmentation d'un nuage de points (autres que le filtrage statistique).

3.2.7.1 K-Means

Cette fonction est à proprement parler une fonction de classification plutôt que de segmentation. Elle utilise l'algorithme des nuées dynamiques appliqué à K classes. Le nuage de point auquel elle est appliquée doit avoir un champ scalaire actif.

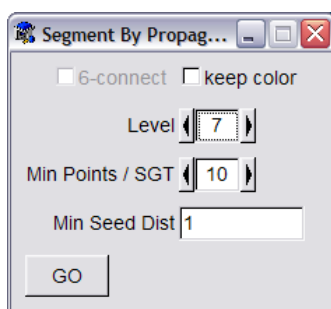
Le seul paramètre est K, qui est demandé avant de lancer le processus de classification automatique. L'algorithme est itératif et est exécuté jusqu'à convergence (en général assez rapide, sauf quand K est grand).

☞ Chaque groupe de points (correspondant à chaque classe) est exporté vers un nouveau nuage, qui est coloré aléatoirement. Le nuage original n'est pas modifié, mais il sera automatiquement caché par CloudCompare.

☞ Cette méthode de classification peut être intéressante par exemple pour séparer un nuage de points en deux groupes (typiquement les points « ayant subi une modification » et les autres) mais elle est globale et le résultat dépend donc directement de la répartition des valeurs du champ scalaire porté par le nuage. Il doit donc être dans ce cas considéré comme un moyen de segmentation « rapide et approximatif ».

3.2.7.2 Propagate

Cette fonction de segmentation utilise l'algorithme de Fast Marching pour segmenter un nuage muni d'un champ scalaire. La propagation se fait à partir du point ayant la plus grande valeur (scalaire) et elle épouse la forme de l'objet grâce au caractère géodésique du Fast Marching. Cette propagation peut aussi prendre en compte d'autres caractéristiques des points, comme la valeur du gradient du champ scalaire.



La propagation par Fast Marching se fait sur une grille 3D qui correspond ici à un niveau donné de l'octree (bouton « Level »).

Comme dans le cas de l'extraction des composantes connexes (voir section 3.1.3.7), cette fonction crée des sous-nuages de points dont on peut spécifier la taille minimale (champ « Min Points / SGT »). On peut aussi spécifier si la couleur des points doit être conservée ou générée au

hasard (bouton « keep color »).

Enfin, le dernier paramètre réglable de l'algorithme est la distance minimale des points qui seront les graines de la propagation (c'est une marge de sécurité). L'algorithme démarre en effet chaque propagation à partir du point dont la valeur d'écart est la plus grande mais qui doit être aussi supérieure à ce seuil. Après la propagation, les points qui ont été touchés par le front de la propagation sont enlevés, et l'algorithme tente de trouver un nouveau point graine. Il s'arrête lorsqu'il ne trouve plus de point graine éligible (Cf. thèse de D. Girardeau-Montaut).

🔊 **Attention : Cette méthode est à utiliser avec des pincettes.** Il existe un paramètre caché (qui devrait bientôt être réglable) qui est le coefficient d'accélération de la propagation (on déduit en effet la valeur d'accélération locale du front de propagation en multipliant la valeur locale de la norme du gradient par ce coefficient puis en passant le tout à l'exponentielle). Cette valeur permet de régler le comportement de l'algorithme très finement (en particulier cela permet de régler la tendance de l'algorithme à sur-segmenter ou au contraire à sous-segmenter) mais elle est très difficile à déterminer sans expérience et sans une connaissance approfondie de l'algorithme.



3.2.8 Modify

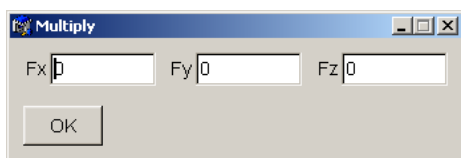
Modify	▶	Fuse
Develop	▶	Multiply
Misc	▶	Translate
Clone	Ctrl+n	Auto-Register
Delete	Ctrl+d	Synch Centroids

Fonctions de modification globale des coordonnées des nuages de points ou des maillages.

3.2.8.1 Fuse

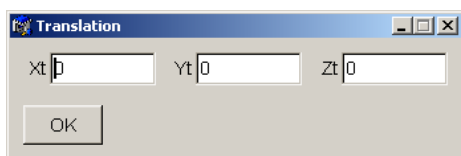
Fusionne les listes sélectionnées. Cf. section 3.1.2.3.

3.2.8.2 Multiply



Multiplie les coordonnées des points de la/les liste(s) sélectionnée(s) par des constantes en fonction de la dimension.

3.2.8.3 Translate



Applique une translation à la/les liste(s) sélectionnée(s).

3.2.8.4 Auto-register

Outil de recalage automatique de nuages de points. Cf. section 3.1.3.1.

3.2.8.5 Synch. Centroids

🔊 Remarque : pour appeler cette fonction, il faut sélectionner deux entités 3D à synchroniser, et uniquement deux.

🔊 On retrouve l'interface générique de choix du rôle de chaque liste (Cf. section 3.1.3.1), qui permet à l'utilisateur de préciser quelle est l'entité qui sera déplacé et quelle est l'entité de référence.



La fonction applique simplement une translation pour faire coïncider les centres de gravité des deux entités.

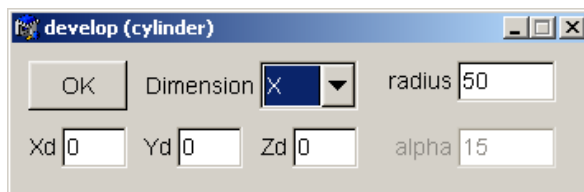


3.2.9 Develop

Develop	►	Cylinder (auto axis)
Misc	►	Cylinder
Clone	Ctrl+n	Cone

Fonctions de développement géométrique (cylindrique ou conique) de nuages de points.

3.2.9.1 Cylinder (non/auto axis)



Ces deux fonctions permettent de développer sur un plan un nuage de point considéré comme étant un cylindre. Il faut pour cela définir la dimension selon laquelle est positionnée l'axe de développement (X,Y ou Z) et un point par lequel passe cet axe (dans le cas « auto axis », ce point est automatiquement remplacé par le centre de gravité). Enfin il faut définir le rayon du cylindre théorique.

Le résultat est une nouvelle entité.

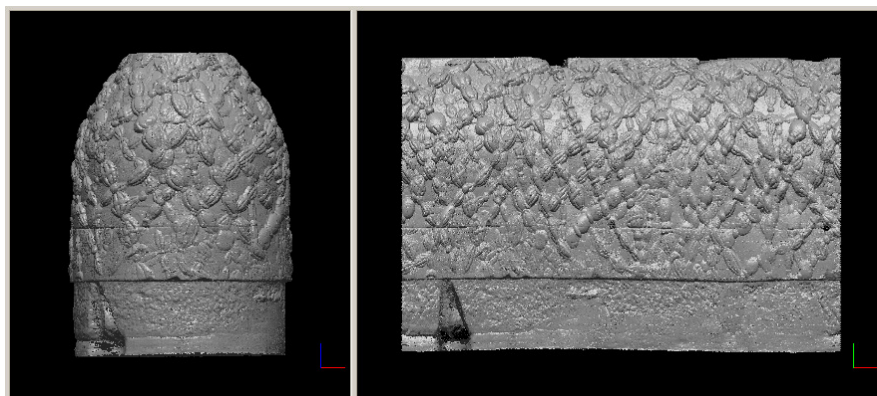
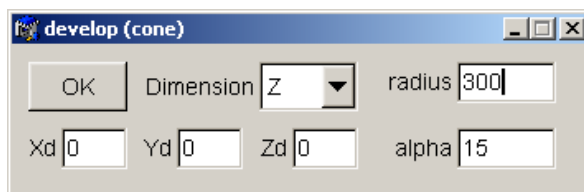


Figure 35 - nuage original (gauche) et développé (droite)

3.2.9.2 Cone



référence.

Même principe que le développement selon un cylindre (Cf. 3.2.9.1) mais ici selon un cône. Il faut définir là encore la direction de l'axe mais aussi le sommet du cône et l'angle d'ouverture au sommet (alpha). « radius » est le rayon de

3.2.10 Misc

Misc	▶	Local Density
C <u>l</u> one	Ctrl+n	Curvature
D <u>e</u> lete	Ctrl+d	Geodesic Distance
S <u>a</u> ve	Ctrl+s	Test NN Extraction (new)
I <u>n</u> fos	Ctrl+i	Test NN Extraction (old)

Fonctions diverses

3.2.10.1 Local Density

Fonction de calcul de la densité locale d'un nuage de point. En fait, cette fonction calcule la distance à son plus proche voisin pour chaque point du nuage. Le résultat est un champ scalaire.

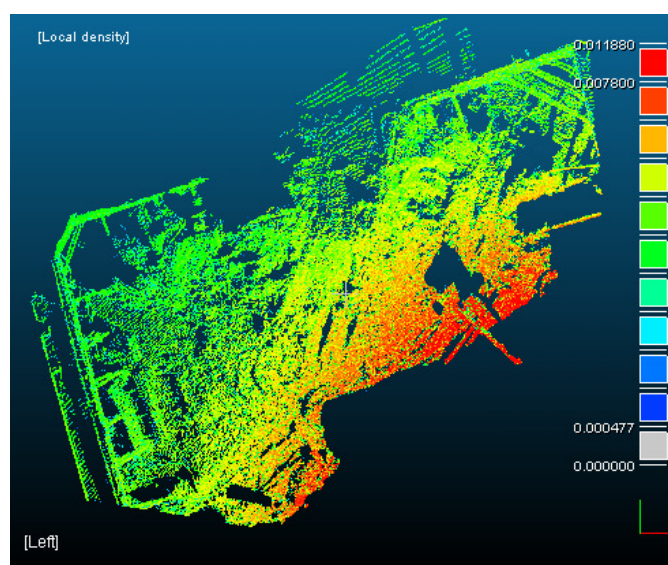
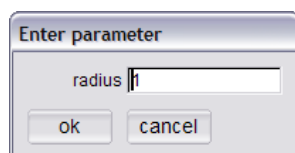


Figure 36 - calcul de densité locale

(remarque : la densité est à peu près inversement proportionnelle à la distance au capteur)

✂ L'algorithme crée un nouveau type de champ scalaire (« Local Density »).

3.2.10.2 Curvature



Fonction de calcul de la courbure locale d'un nuage (par interpolation locale des points par une fonction de hauteur quadratique).

L'utilisateur doit définir le rayon du voisinage 3D qui sera utilisé pour calculer la courbure (à partir, donc, de tous les voisins présents dans cette sphère, et ce pour chaque point du nuage).

✂ L'algorithme crée un nouveau type de champ scalaire (« Local Density »).



3.2.10.3 *Autres méthodes*

Les autres méthodes présentes dans ce menu sont temporaires et ne sont pas censées être utilisées. Elles ne sont donc pas documentées, et leur utilisation est fortement déconseillée.

3.2.11 Autres

Misc	
Clone	Ctrl+n
Delete	Ctrl+d
Save	Ctrl+s
Infos	Ctrl+i
Rename	F2

Fonctions générales de gestion des entités 3D. La plupart de ces fonctions se retrouvent dans la barre d'icône (Cf. sections 3.1.1 et 3.1.2).

3.2.11.1 Clone

Crée une nouvelle entité 3D identique. Cf. section 3.1.2.2.

3.2.11.2 Delete

Efface la/les liste(s) sélectionnée(s). Cf. section 3.1.2.4.

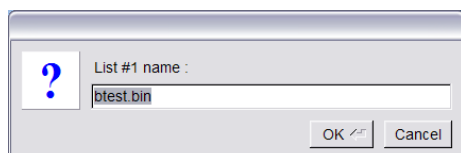
3.2.11.3 Save

Ouvre l'interface de sauvegarde de la/le(s) liste(s) sélectionnées. Cf. section 3.1.1.2.

3.2.11.4 Infos

Affiche des informations sur l'entité 3D sélectionnée. Cf. section 3.1.2.1.

3.2.11.5 Rename



Permet de renommer une entité 3D.



4 Annexes

4.1 Formats de fichiers

4.1.1 Fichiers de primitives 2D/3D reconnus :

Extension	type	Points	Maillage	RGB	Niveau de gris	Normales	Scalaire	Autre	Description
asc, txt, neu, xyz, etc.	ascii	X		X	X	X	X		nuage
bin	binaire	X		X		X	X		nuage(s) (CloudCompare)
ply	ascii / binaire	X	X	X	X	X	X	X	maillage (Stanford)
obj	ascii		X			X		X	maillage (Wavefront)
soi	ascii	X			X				nuage(s) (Soisic, Mensi)
(c)bin	binaire	X		X					nuage (C.Hernandez)
pn	binaire	X				X			nuage (point+normale)
pvc, pcv	binaire	X					X		nuage (point+valeur)
pwn	ascii	X				X		X	nuage (Y. Othake)
txt	ascii	X						X	défauts (1) aéroréfrigérants
wrl, x3d	ascii / binaire	X	X	X	X	X		X	nuage/maillage (VRML/X3D)
icm	ascii							X	association nuage/images
pov	ascii							X	définition de points de vue
mvp	binaire	X		X					nuage « streamable »
ma	ascii		X	X					mesh + vertex colors (Maya)
adrm.txt	ascii							X	descripteur pour ADRM

4.1.2 Chargement

- ASC/TXT/NEU/XYZ/etc., BIN, PLY, OBJ, SOI, (C)BIN, PN, PV/PCV, PWN, fichier de « défauts », WRL, X3D, ICM, POV.

4.1.3 Sauvegarde

- ASC/TXT/NEU/XYZ/etc., BIN, PLY, OBJ, PN, PWN, ADRM, MA, POV, MSP

4.1.4 Formats spéciaux

4.1.4.1 Fichiers de défauts (.txt)

Liste de défauts surfaciques sur un ouvrage de génie civil (polylignes 3D accompagnées de diverses caractéristiques). Source : EDF/DTG.

4.1.4.2 Fichiers ICM

Fichier d'association entre un nuage de points et un fichier VRML de définition des photos calibrées (caméra+fichier image).

Exemple :

Fichier « toto.icm »

```
#CC_ICM_FILE                //Header
FILE_NAME=pa4_niv5m_zone1_mm.asc //Fichier de points
FILE_TYPE=ASC                //Type du fichier de points
IMAGES_DESCRIPTOR=photos_matchees.wrl //Fichier VRML de description des
                                   //photos calibrées
```

Fichier « photos_matchees.wrl »

```
#VRML V2.0 utf8

DEF photo_1.jpg Viewpoint {           //Header photo #1
  fieldOfView 0.621379                //F.O.V.
  position -10.5418 -15.6091 5.95961  //Centre optique
  description "VANNE+PETIT_TUYAU"      //Description
  orientation 0.70724 -0.37292 -0.600618 3.74252 //Vecteur « visée »
}                                       //Fin photo #1

DEF photo_2.jpg Viewpoint {           //Header photo #2
  fieldOfView 0.621379                //etc.
  position -3.9782 -21.276 5.95616
  description "PORTE"
  orientation 0.572629 0.696275 -0.432778 2.02135
}
```

🔊 Un tel fichier VRML peut être généré (quasi) automatiquement par un logiciel comme *RealWorks* (Mensi).

4.1.4.3 Fichiers POV

Liste de différents points de vue d'un scanner laser (les points correspondant à chaque point de vue sont stockés dans des fichiers séparés) avec la position et l'orientation du capteur pour chacun.

Exemple :

```
#CC_POVS_FILE                //balise début de header
SENSOR_TYPE = PHI_THETA      //type du scanner (Cf. 3.2.5.1)
SENSOR_BASE = 498.0          //base du scanner (Cf. 3.2.5.1)
```

```

UNITS = mm                //unités des points
#END_HEADER               //balise fin de header

#POV 1                    //Point de vue #1
F Niveau_moins_3m.neu    //Fichier de points associé
T NEU                    //Type du fichier de points
C -8441.0996 12269.078 -12241.921 //Centre optique
X -0.99860873 -0.05128994 0.01224558 //Repère du capteur
Y 0.04241364 -0.91923833 -0.39141025   exprimé relativement
Z 0.03133202 -0.39034631 0.92013481     au nuage
#END_POV                 //Fin du point de vue #1

#POV 2                    //Point de vue #2
F Niveau_11m_1.neu       //etc.
T NEU
C -6576.1515 11863.974 -180.05313
X -0.31632309 0.94863881 -0.00490958
Y -0.86635048 -0.29098485 -0.40591214
Z -0.38649262 -0.12414596 0.91389892
#END_POV

```

🔊 Le chemin des fichiers de points (correspondant à chaque point de vue) est défini de manière relative au fichier « .pov ».

4.1.4.4 Fichiers ADRM

Fichier de points 3D (avec couleurs et distances) avec métafichiers associés (pour export vers la plateforme ADRM). Utilisation interne à EDF R&D uniquement.

Exemple :

Soit **toto.asc** le fichier de points 3D (avec comme champs X Y Z R V B D, où D est une valeur de distance et RVB sa couleur), on a en plus :

- **toto.params.adrm.txt** (métafichier décrivant les paramètres de réglages des couleurs artificielles générées à partir du champ scalaire – Cf. 2.2 – « Scalar Fields »)

```

MinDistance      0.481707          //Distance minimale
MinSaturation     0.000000          //Saturation minimale
MaxSaturation     6.634907          //Saturation maximale
MaxDistance      6.634907          //Distance maximale
ColorRampImageFileName CloudCompare_ColorRamp_B-LB-G-Y-R.png
                                     //Palette de couleur (image PNG)
ColorRampSize     256              //Taille de la palette

```

- **toto.rvb.adrm.txt** (rampe de couleurs, équivalente au fichier PNG évoqué dans le fichier « XXX.params.adrm.txt »)

Color_Number	Red	Green	Blue
0	0	0	255
1	0	3	255
2	0	7	255
3	0	11	255
4	0	15	255
5	0	19	255



Etc.

🔊 Utilisation interne à EDF R&D uniquement.