

CloudCompare

Manuel utilisateur de la version 2.1

Authors : DGM, AB, RM

www.cloudcompare.net

Table des matières

Introduction	1
0.1 Licence	2
0.2 Installation du binaire	2
1 Interface	5
1.1 Fenêtre principale	5
1.2 Objets disponibles	6
1.2.1 Arbre de navigation	6
1.2.2 Sélectionner des objets	7
1.3 Affichage des objets	8
1.3.1 Contexte graphique	8
1.3.2 Environnement multi contextes	9
1.3.3 Interactivité	9
1.3.4 Options d'affichage	10
1.4 Propriétés des objets	12
1.4.1 Propriétés communes	12
1.4.2 Nuages de points	12
1.4.2.1 Propriétés communes	12
1.4.2.2 Champs scalaires (Scalar fields)	13
1.4.3 Maillages / groupes de maillages	15
1.4.4 Octree	15
1.4.5 Présentation	15
1.4.6 Affichage	16
1.5 Modification interactive des entités	17
1.5.1 Segmentation manuelle	17
1.5.2 Rotation/translation manuelle	18
1.6 Barres de progression	19
1.7 Barres d'outils	19
1.8 Raccourcis clavier	20
2 Fonctions	23
2.1 Menu 'File'	23
2.1.1 Open (file)	23
2.1.2 Save (file)	24
2.2 Menu 'Edit'	24
2.2.1 Colors > Set Unique	24
2.2.2 Colors > Colorize	24
2.2.3 Colors > Height Ramp	25
2.2.4 Normals > Compute	26
2.2.5 Normals > Invert	26
2.2.6 Normals > Resolve direction	26
2.2.7 Octree > Compute	26
2.2.8 Octree > Resample	26
2.2.9 Mesh > Compute	27

2.2.10	Mesh > Sample Points	27
2.2.11	Mesh > Measure Surface	28
2.2.12	Mesh > Scalar Field > Smooth	28
2.2.13	Mesh > Scalar Field > Enhance	28
2.2.14	Sensor > Ground-Based Lidar > Show depth buffer	28
2.2.15	Sensor > Ground-Based Lidar > Export depth buffer	29
2.2.16	Sensor > Create	29
2.2.17	Sensor > Modify	30
2.2.18	Scalar Fields > Gradient	30
2.2.19	Scalar Fields > Gaussian Filter	31
2.2.20	Scalar Fields > Filter by Value	31
2.2.21	Scalar Fields > Difference	31
2.2.22	Scalar Fields > Multiply	32
2.2.23	Scalar Fields > Convert to RGB	32
2.2.24	Clone	32
2.2.25	Fuse	32
2.2.26	Translate	32
2.2.27	Multiply	32
2.2.28	Subsample	33
2.2.29	Synchronize	33
2.3	Menu 'Tools'	33
2.3.1	Tools > Projection > Unroll	33
2.3.2	Tools > Projection > Height Grid Generation	34
2.3.3	Tools > Registration > Align	36
2.3.4	Tools > Registration > Register	37
2.3.5	Tools > Distances > Cloud/Cloud dist.	39
2.3.6	Tools > Distances > Cloud/Mesh dist.	41
2.3.7	Tools > Distances > Closest Point Set	41
2.3.8	Tools > Statistics > Compute stat. params	42
2.3.9	Tools > Statistics > Statistical test	42
2.3.10	Tools > Segmentation > Label Connected Components	44
2.3.11	Tools > Segmentation > K-Means	44
2.3.12	Tools > Segmentation > Front propagation	44
2.4	Menu 'Display'	45
2.4.1	Display > Full Screen	45
2.4.2	Display > Refresh	45
2.4.3	Display > Test Frame Rate	45
2.4.4	Display > Toggle Centered Perspective	45
2.4.5	Display > Toggle Viewer Based Perspective	46
2.4.6	Display > Render to File	46
2.4.7	Display > Light and Materials > Set Light and Materials	46
2.4.8	Display > Light and Materials > Toggle sun light	47
2.4.9	Display > Light and Materials > Toggle custom light	47
2.4.10	Display > Console	48
2.5	Menu 'Plugins'	48
2.5.1	Plugins > PCV	48
2.5.2	Plugins > HPR	50
2.6	Menu '3D Views'	51
2.6.1	3D Views > New	51
2.6.2	3D Views > Close	52
2.6.3	3D Views > Close all	52
2.6.4	3D Views > Tile	52
2.6.5	3D Views > Cascade	52
2.6.6	3D Views > Next	52
2.6.7	3D Views > Previous	52
2.7	Menu 'Help'	52

2.7.1	Help > Help	52
2.7.2	Help > About	52
2.7.3	Help > About plugins	53
A	Annexes	55
A.1	Formats de fichiers	55
A.1.1	Fichiers de primitives 2D/3D reconnus	55
A.1.2	Chargement et sauvegarde	56
A.1.3	Formats spéciaux	56
A.1.3.1	Fichier ICM	56
A.1.3.2	Fichier d'export de carte de profondeur	56
Index		57

Introduction

CloudCompare est un logiciel de gestion et de comparaison de nuages de points 3D (ainsi que de maillages surfaciques dans une certaine mesure). Son développement a été initié à partir de 2004 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). Il se poursuit depuis la fin de la thèse (2006). C'est une plateforme de démonstration des algorithmes étudiés ou développés dans le cadre de la thèse ou ultérieurement. Dans ce sens, il n'est pas voué à un usage commercial.

Ce logiciel est avant tout pensé pour traiter des nuages de points. Il a été développé en grande partie par Daniel Girardeau-Montaut avec des participations de :

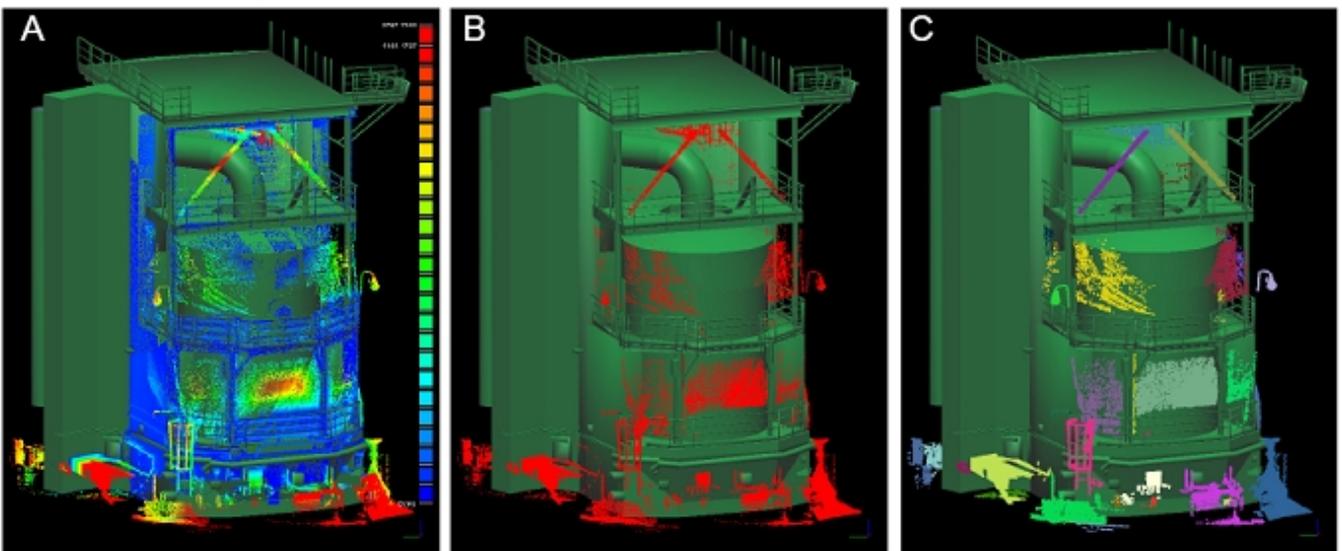
- Salma Bougacha (stagiaire à EDF R&D en 2004)
- Aurélien Bey (doctorant à EDF R&D depuis début décembre 2008)
- Raphaël Marc (ingénieur chercheur à EDF R&D)

ainsi que des éléments gracieusement fournis par Florent Duguet, alors doctorant à Telecom Paris.

CloudCompare a été essentiellement utilisé pour traiter les intérieurs de centrales relevés à l'aide de scanners laser par des topographes d'EDF et il a servi ponctuellement pour traiter des relevés de barrages ou de tours aéro-réfrigérantes..

Ce logiciel permet entre autres choses :

- de calculer les distances locales entre deux nuages de points denses (figure de gauche ci-dessous) ;
- de filtrer le bruit de mesure du scanner laser pour mettre en évidence les vraies différences (figure du milieu) ;
- de segmenter les différences pour faire apparaître des objets ou morceaux d'objets correspondant à des différences entre les deux jeux de données comparés (figure de droite).



L'originalité de *CloudCompare* tient à plusieurs aspects :

- les structures de données utilisées : un "octree" permettant de charger en mémoire et d'afficher des nuages de points volumineux (plusieurs millions de points en 3D) et de calculer rapidement (c'est-à-dire en quelques

secondes) les écarts entre deux jeux de données volumineux, ou encore un "Kd-tree" permettant de recalculer rapidement deux nuages de points entre eux.

- deux types de calculs de distance entre nuages de points (calculs qui n'existaient pas auparavant) : un calcul précis basé sur une distance de type *Hausdorff* (distance au plus proche voisin) ; et un calcul très rapide mais moins précis basé sur une distance de *Chanfrein* ;
- le filtrage du bruit de mesure ;
- la prise en compte des différences d'échantillonnage entre les jeux de données comparés ;
- la prise en compte de la visibilité du scanner pour chaque jeu de données ;
- le rendu PCV (Portion de Ciel Visible) sur nuage de points via la carte graphique, qui permet une forte amélioration de la lisibilité de ce type de données à l'écran.

Bien que *CloudCompare* soit capable de gérer 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, à côté de nombreuses autres structures (octree, kd-tree, 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.

0.1 Licence

Le logiciel *CloudCompare* est constitué des deux composants logiciels suivants :

- La librairie CCLib ;
- Le programme qCC exécutable qui utilise la librairie CCLib.

Installer et utiliser ces deux composants du logiciel *CloudCompare* signifie que vous acceptez les termes et les conditions de leurs licences respectives. La version 2 datant de mars 2007 et les versions antérieures de ces deux composants logiciels sont la propriété d'EDF et de TELECOM ParisTech.

Licence de la librairie CCLib :

La librairie CCLib est diffusée sous la licence GNU LGPL (GNU Lesser General Public Licence) telle qu'elle a été publiée par la FSF (Free Software Foundation) ici : <http://www.gnu.org/licenses/gpl.html>

Licence du programme exécutable qCC :

Le programme qCC est diffusé sous la licence GNU GPL (GNU General Public Licence) tel qu'elle a été publiée par la FSF (Free Software Foundation) ici : <http://www.gnu.org/licenses/lgpl.html>

EDF et TELECOM ParisTech accordent à l'utilisateur les droits d'installer et d'utiliser le logiciel *CloudCompare* après l'avoir téléchargé depuis le site <http://rd.edf.com>. Le logiciel *CloudCompare* est fourni en l'état, sans aucune garantie explicite ou implicite. Les auteurs déclinent toute responsabilité pour tout dommage direct ou indirect. L'utilisateur assume tous les risques et responsabilités quant à la qualité du logiciel *CloudCompare* et de son utilisation.

0.2 Installation du binaire

CloudCompare fonctionne sous les systèmes d'exploitation Windows 2000 et Windows XP. Il n'a pas encore été porté sous Linux.

La distribution des binaires de *CloudCompare* ne comporte pas de programme d'installation. Il suffit de décompresser l'archive .zip contenant l'exécutable et les DLLs. Nous listons ci-dessous les fichiers (.exe ou .dll) que vous devez trouver après décompression de l'archive :

Pour la version 2.0 de *CloudCompare* (IHM basée sur Fltk/Flu) :

- CloudCompare.exe (exécutable principal)
 - CC_DLL.dll (librairie CCLib)
 - cv100.dll (DLL de la librairie openCV utilisée pour le traitement de photos)
 - cxcore100.dll (DLL de la librairie openCV utilisée pour le traitement de photos)
 - DevIL.dll (DLL de la Developer's Image Library permettant de charger de nombreux formats d'images)
 - glew32.dll (DLL de la librairie OpenGL Extension Wrangler Library)
-

- highgui100.dll (DLL de la librairie openCV utilisée pour le traitement de photos)
- ILU.dll (DLL de la Developer's Image Library permettant de charger de nombreux formats d'images)
- ILUT.dll (DLL de la Developer's Image Library permettant de charger de nombreux formats d'images)
- libguide40.dll (permet de faire le lien avec la DLL Math Kernel Library d'Intel®)
- xerces-c_2_7.dll (librairie C++ de parsing de fichiers XML)

Remarque : il est possible que l'exécution de *CloudCompare 2.0* réclame la présence des DLL *msvcp71.dll* et *msvcr71.dll*. Ces DLLs font partie de la *Microsoft C++ Runtime Library* (téléchargeable sur le site de Microsoft).

Pour la version 2.1 de *CloudCompare* (IHM basée sur Qt 4) :

- qCC.exe (exécutable principal)
- CC_Dll.dll (librairie CClib)
- FreeImage.dll (librairie du projet open source FreeImage permettant de lire et d'écrire les formats d'image les plus courants)
- mingwm10.dll (DLL du compilateur minGW permettant le multi-threading)
- QtCore4.dll (DLL permettant d'utiliser Qt)
- QtGui4.dll (DLL permettant d'utiliser Qt)
- QtOpenGL4.dll (DLL permettant d'utiliser Qt)

Et de manière optionnelle, sous le répertoire *plugins* :

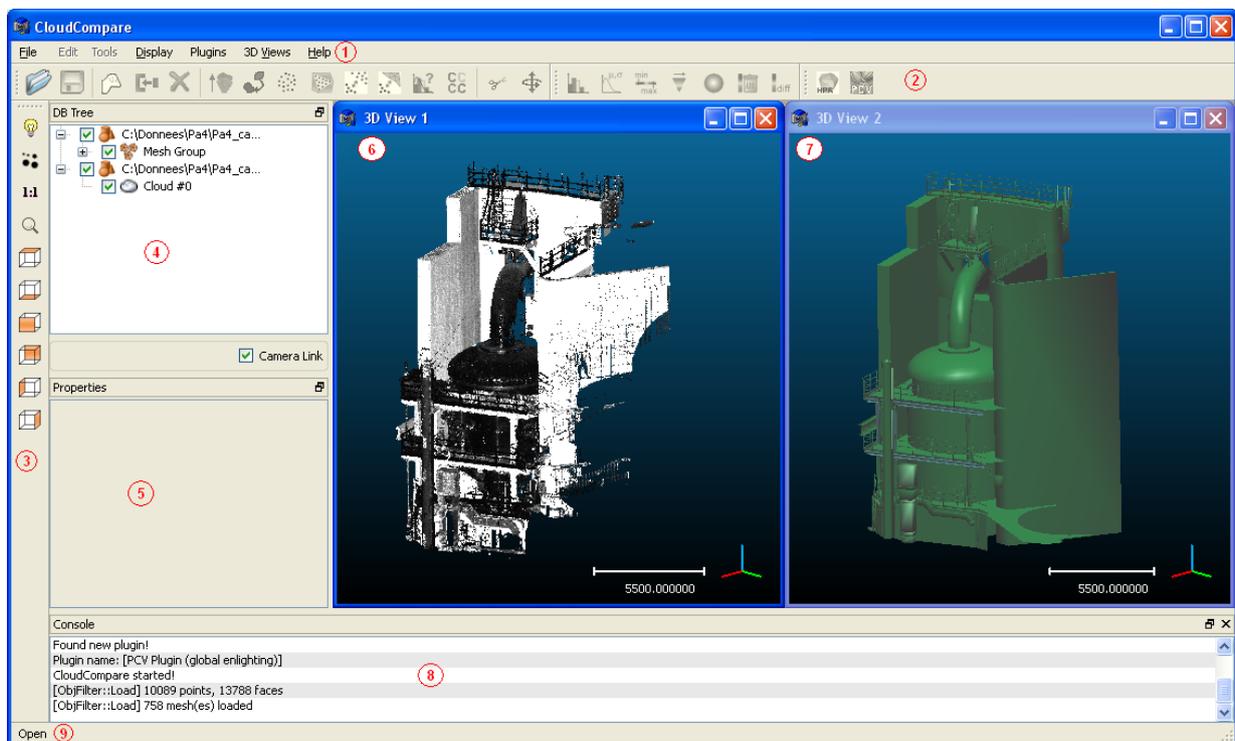
- qHPRPlugin.dll (plugin de la fonction « Hidden Point Removal »)
 - qPCVPlugin.dll (plugin de la fonction de rendu « Portion de Ciel Visible »)
-

Chapitre 1

Interface

1.1 Fenêtre principale

La fenêtre principale de *CloudCompare* est constituée des éléments suivants :



- **1** : barre de menus de l'application. Cette barre permet d'accéder à l'ensemble des fonctions disponibles dans *CloudCompare*. Il se peut toutefois qu'en fonction des objets sélectionnés, certains des menus ne soient pas accessibles. Par exemple, les menus « Edit » et « Tools » restent inactif tant qu'aucun objet n'est sélectionné (visible sur la capture ci-dessus).
- **2** et **3** : barres d'outils. Les différentes icônes visibles sur ces barres permettent d'accéder rapidement à un certain nombre de fonctions de *CloudCompare*. Ces fonctions sont toutefois accessibles en passant par les menus appropriés, via les menus (1). Les barres (2) proposent des fonctions liées au traitement des objets, tandis que la barre (3) permet seulement de modifier les paramètres de visualisation.
- **4** : arbre de navigation. Cette zone permet de visualiser sous forme d'arborescence l'ensemble des objets chargés ou créés par l'application. Il est notamment possible de sélectionner des objets en cliquant dessus dans cette zone. Par la suite, on appellera *liste* l'ensemble des éléments regroupés sous la même arborescence (sur la capture ci-dessus, on peut voir deux listes).

- **5** : fenêtre de propriétés de l'objet courant. Si un unique objet est sélectionné, cette vue permet de visualiser et modifier certaines des propriétés de cet objet.
- **6 et 7** : contextes graphiques. Ces vues permettent de visualiser « en trois dimensions » les objets disponibles en mémoire. *CloudCompare* offre la possibilité de visualiser les objets dans un contexte graphique commun, ou dans plusieurs contextes distincts (sur la capture ci-dessus, 2 contextes graphiques).
- **8** : console. Cette zone contient l'historique des informations liées à l'exécution de *CloudCompare* (typiquement des informations supplémentaires non estentielles délivrées par les algorithmes). Elle peut être affichée ou masqué via la commande *Console* du menu *Display*.
- **9** : barre de statut. Les messages d'aide rapide relatifs à certaines fonctionnalités de *CloudCompare* y sont affichés. Lorsque vous positionnez le curseur de la souris sur un bouton ou une commande dans les menus, le message d'aide apparaît instantanément dans cette barre. Toutefois, toutes les commandes ne disposent pas forcément d'un tel message.

L'ensemble des entités chargées dans *CloudCompare* peuvent donc être accessible via l'arbre de navigation textcolorred(4) et éventuellement dans le(s) contexte(s) graphique(s) textcolorred6,7.

Il est possible de déplacer et repositionner les différentes barres d'outils. Pour ce faire, il suffit de saisir la partie manipulable située à l'extrémité de la barre en cliquant dessus, puis de le déplacer en maintenant le bouton gauche de la souris enfoncé :



La barre ainsi déplacée peut être laissée flottante, ou insérée à une nouvelle position, auquel cas les éléments voisins se réagencent automatiquement. Les barres d'outils peuvent aussi être affichées ou masquées, via le sous-menu *Display/Toolbar* : les éléments cochés correspondent aux barres visibles, les autres étant masquées.

De même, la fenêtre de navigation ainsi que la fenêtre de propriétés peuvent être déplacées en saisissant leur barre de titre en les faisant « glisser » jusqu'à la position voulue.

Dans la suite de ce document, nous allons détailler les fonctionnalités de base offertes par *CloudCompare*, à savoir les manipulations liées à la visualisation des entités disponibles dans l'application. L'utilisateur pourra se référer à la partie suivante du document (Chapitre 2) pour obtenir des informations détaillées sur les fonctionnalités avancées.

1.2 Objets disponibles

1.2.1 Arbre de navigation



Comme nous l'avons vu précédemment, *CloudCompare* affiche l'ensemble des objets disponibles (chargés ou créés par l'application) dans la fenêtre de navigation, qui se trouve par défaut dans la partie gauche de la fenêtre principale. On peut y trouver les éléments suivants :

-  Un groupe d'entités. Cet élément peut correspondre par exemple à un fichier ouvert, et regroupe alors tous les nuages chargés à partir de ce fichier. Il sera dans ce cas nommé avec le chemin du fichier source.
-  Un nuage de points.
-  Un maillage simple.
-  Un ensemble de maillages, géré alors comme un maillage standard (on peut aussi parfois retrouver les sommets des maillages sous forme de nuages de points derrière ce type d'élément).
-  Une structure ??.
-  Un objet ??.
-  Une photo (potentiellement calibrée).

Remarque : les groupes d'entités ne sont pas des entités manipulable à proprement parler. Typiquement, elles ne peuvent pas être utilisées comme entrées pour les fonctions de *CloudCompare* : elles ne servent que de « classeur ».

De manière classique, l'arborescence peut être développée ou repliée en cliquant respectivement sur les boutons  et  situés à gauche des jonctions de l'arbre (ce qui permet d'afficher ou de cacher les sous-entités qui y sont rattachées).

La case située à gauche d'un élément permet d'activer ou de désactiver (respectivement lorsqu'elle est cochée ou non-cochée) l'entité correspondante. La notion de désactivation est plus forte qu'un simple affichage/masquage de l'entité (il existe une propriété générique à toute entité affichable dans un contexte graphique permettant de gérer ceci - voir plus loin). Les entités inactives (ainsi que toutes les sous-entités rattachées) ne sont pas affichées, mais de plus elles ne sont pas non plus concernées par les opérations interactives comme la segmentation graphique, et plus généralement, elles ne peuvent pas non plus être sélectionnées (et ne peuvent donc pas être utilisées comme entrée des fonctions de *CloudCompare*).

1.2.2 Sélectionner des objets

Pour sélectionner une entité, deux possibilités s'offrent à l'utilisateur : cliquer avec le bouton gauche de la souris soit sur l'entité dans l'arbre de navigation, soit sur sa représentation dans le contexte graphique. Dans les deux cas, l'objet sélectionné apparaît en surligné dans l'arbre de navigation, et entouré d'une boîte englobante dans le contexte graphique où figure l'objet. Lorsqu'un élément est sélectionné, les informations qui s'y rapportent apparaissent dans la fenêtre de propriétés. Certains des éléments présents dans cette fenêtre peuvent être modifiés, les autres étant présentés à titre indicatif.

Il est possible de sélectionner plusieurs entités, en ayant recours aux commandes classiques de multi-sélection sous *Windows* : sélection des objets un par un en cliquant dessus (dans l'arbre de navigation ou dans un contexte graphique) tout en maintenant la touche CTRL enfoncée. Pour dé-sélectionner un objet tout en conservant ceux qui ont déjà été choisis, cliquez une nouvelle fois sur cette entité en maintenant toujours la touche CTRL enfoncée. En maintenant la touche MAJ enfoncée, puis en sélectionnant deux objets (dans l'arbre de navigation uniquement), l'ensemble des entités visibles entre les deux objets choisis seront sélectionnés. Une dernière possibilité consiste à survoler dans l'arbre de navigation les objets à sélectionner en maintenant le bouton gauche de la souris enfoncé.

La plupart des commandes de *CloudCompare* ne s'appliquent qu'aux entités sélectionnées. Ces commandes ne sont d'ailleurs actives que lorsque l'utilisateur a sélectionné le nombre d'objets approprié et les bons types d'objets.

1.3 Affichage des objets

1.3.1 Contexte graphique

Les contextes graphiques (ou « vues 3D » - voir figure 1.1) sont les sous-fenêtres dans lesquelles sont visualisés les entités. Elles sont globalement organisées de la manière suivante :

- **1** : Échelle. Fournit une référence pour l'estimation des distances. L'échelle est indiquée dans l'unité de distance dans laquelle les coordonnées sont exprimées (*CloudCompare* n'utilise pas d'unités de distances explicites).
- **2** : Trièdre d'orientation. Les trois axes affichés représentent les axes X (rouge), Y (vert) et Z (bleu). Ce trièdre indique l'orientation du point de vue courant.
- **3** : Boîte englobante. Il s'agit du parallélépipède rectangle le plus petit qui contienne l'intégralité du ou des objets sélectionnés. Les axes de la boîte sont alignés sur les axes X, Y et Z, notamment visibles sur le trièdre d'orientation (**2**).
- **4** : Nom du champ scalaire actif (reportez vous à la section 1.4.2.2 pour plus d'informations quant aux champs scalaires).
- **5** : Informations temporaires concernant l'affichage. Il peut s'agir de la dimension courante du contexte (en pixels - après un redimensionnement de la fenêtre), du type de projection utilisé, etc.
- **6** : Rampe de couleurs. Permet de repérer les valeurs associées aux couleurs lorsqu'un champ scalaire est actif et affiché.

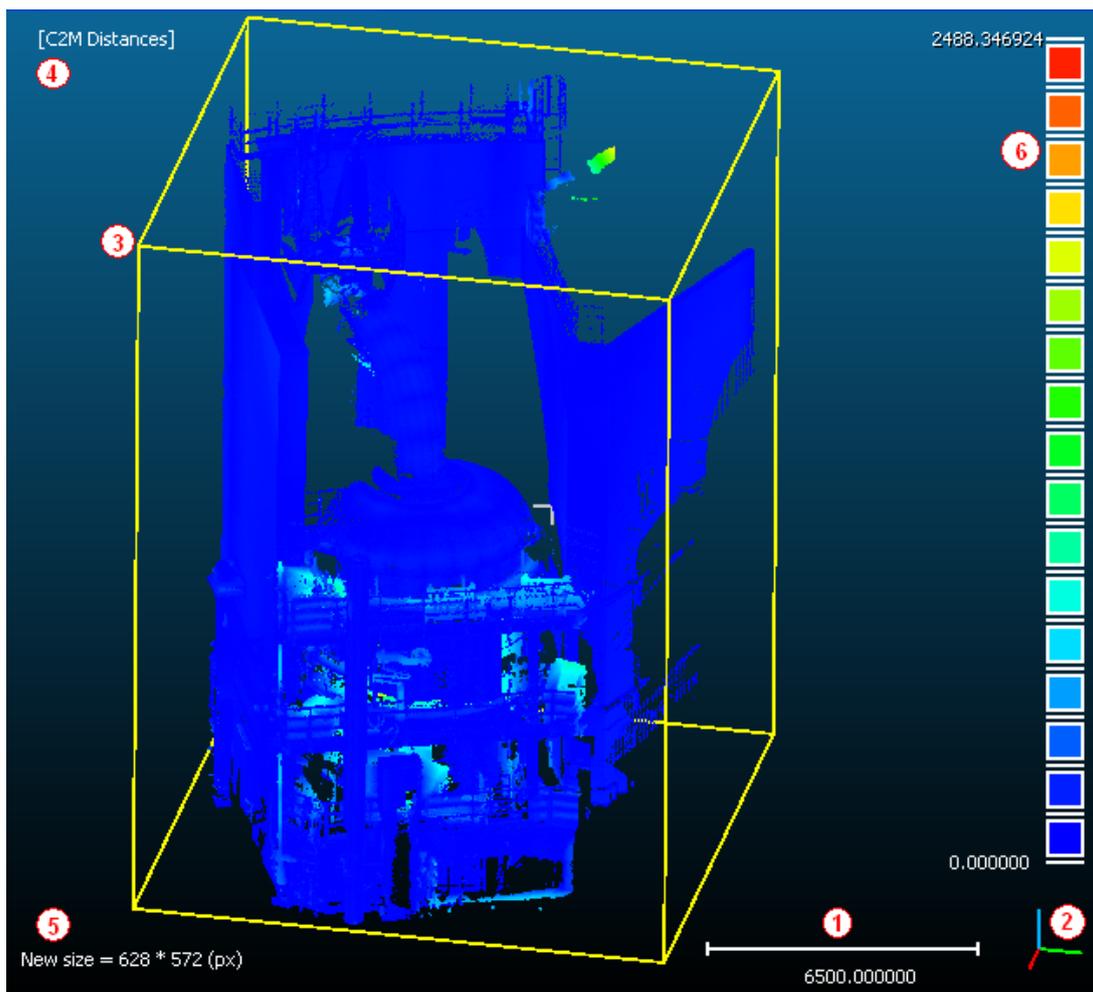


FIGURE 1.1 – Éléments standards d'une vue 3D (contexte)

Seuls l'échelle et le trièdre d'orientation sont visibles en permanence. Les autres informations dépendent de l'état courant de l'application.

1.3.2 Environnement multi contextes

La majorité des entités chargées en mémoire (et visibles au niveau de l'arbre de navigation), sont affichables dans des contextes graphiques (vues 3D). Un nombre quelconque de ces fenêtres de visualisation peut être créé, et les entités peuvent être chacune assignées individuellement à un contexte différent.

Pour créer un nouveau contexte graphique, cliquez sur la commande *New* dans le menu *3D views*, ou appuyez simultanément sur les touches CTRL et F3. Une nouvelle fenêtre apparaît alors (par défaut elle remplira toute la zone réservée aux contextes graphiques).

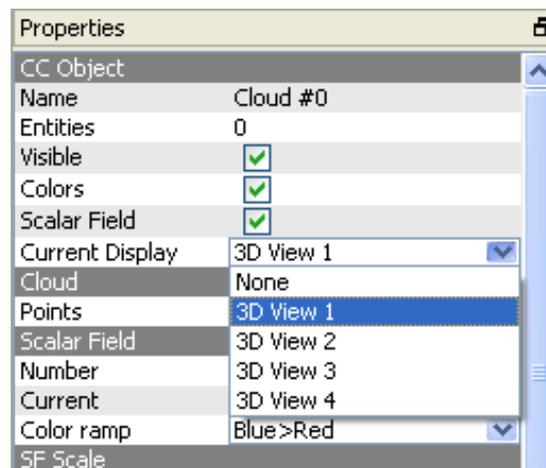
Pour séparer l'espace d'affichage entre les différents contextes ouverts, différents moyens existent :

- Le partitionnement : chaque fenêtre occupe une portion de l'espace disponible, les fenêtres ne se chevauchent pas. Pour partitionner l'affichage, cliquez sur *Tile* dans le menu *3D views*.
- L'affichage en cascade : chaque fenêtre occupe la même portion d'espace prédéfinie, les fenêtres se chevauchent toutes. Pour disposer les contextes en cascade, cliquez sur *Cascade* dans le menu *3D views*.
- Redimensionner chaque contexte « à la main », en s'aidant notamment des boutons  (minimiser le contexte) et , disponibles en haut à droite de chaque fenêtre.

Il est aussi possible de naviguer entre les différents contextes ouverts, via les commandes *Next* et *Previous* du menu *3D views*, ou en accédant directement au contexte voulu en cliquant sur son nom dans le menu *3D views*.

Pour fermer un contexte, cliquez sur *Close* dans le menu *3D views* après avoir sélectionné la fenêtre à supprimer ou directement sur le bouton  de la fenêtre.

Enfin, pour changer le contexte dans lequel un objet apparaît, sélectionnez l'objet, puis dans la fenêtre de propriétés, choisissez le contexte de destination dans la liste déroulante *Current Display*.



Il est possible de n'afficher l'objet dans aucun contexte en choisissant *None* comme contexte de destination.

1.3.3 Interactivité

Vous pouvez changer le point de vue 3D dans un contexte en utilisant la souris :

- **L** - click gauche : [SELECTION] cliquez sur un objet dans un contexte graphique pour le sélectionner.

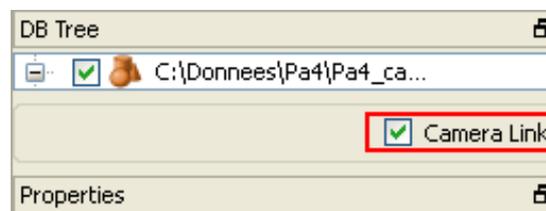


FIGURE 1.2 – Commandes via la souris (L : [SELECTION/ROTATION], M : [ZOOM], R : [PAN])

- **L** - enfoncé : [ROTATION] maintenez le bouton gauche de la souris enfoncé et déplacez la souris pour effectuer une rotation du point de vue autour du centre courant du système d’affichage (cf. sections 2.4.4 et 2.4.5).
- **M** - roulement : [ZOOM] faites rouler la molette du milieu vers l’avant (vers « le haut ») pour effectuer un zoom positif dans le contexte (rapprochement). Inversement, faites rouler la molette vers de le bas (« l’arrière ») pour effectuer un zoom négatif (éloignement).
- **R** - enfoncé : [PAN] maintenez le bouton droit de la souris enfoncé et déplacez la souris pour effectuer une translation du point de vue dans le plan écran.

Par défaut, le centre de rotation du point de vue est positionné sur le centre de la scène, et la visualisation se fait selon une projection orthographique (sans perspective). Lors du changement de point de vue (rotation du vecteur *visée*), les gros nuages de points sont temporairement sous échantillonnés de manière à permettre le rendu interactif des mouvements.

Les contextes graphiques sont indépendants les uns des autres, et les changements de point de vue dans un contexte n’ont à priori aucune répercussion sur les autres. Toutefois, il est possible de synchroniser les mouvements de caméra pour qu’ils soient appliqués à tous les contextes en même temps. Pour ce faire il suffit de cocher l’option *Camera link* sous la fenêtre de navigation. Pour rétablir le fonctionnement normal des contextes graphiques, décochez cette même case.



1.3.4 Options d’affichage

Un certain nombre de commandes permettent à l’utilisateur de modifier les propriétés d’affichage. Certaines sont notamment accessibles via la barre d’outils *Viewing tools* :



-  Changer les paramètres d'éclairage de la scène (détaillé ci-dessous).
-  Changer la taille d'affichage des points (détaillé ci-dessous).
- 1:1** Zoomer et recentrer la caméra sur toute la scène dans le contexte graphique courant.
-  Zoomer et recentrer la caméra sur les objets sélectionnés. Pas d'effet si aucun objet n'est sélectionné.
-  Utilisez les 6 boutons pour basculer entre les différents points de vue prédéfinis (dans l'ordre où les boutons apparaissent : haut, bas, avant, arrière, gauche, droite). Les points de vue sont définis par rapport au trièdre d'orientation.

Le bouton  donne accès à la fenêtre de paramétrage de l'éclairage et des matériaux de *CloudCompare*. L'utilisateur peut y modifier le comportement de la source lumineuse, la couleur par défaut des nuages de points *incolores*, la couleur par défaut des maillages *incolores*, en distinguant au passage les faces "avant" des faces "arrière", et les couleurs de divers éléments composant les contextes graphiques. Cette fonctionnalité est décrite plus en détail dans la section [2.4.7](#).

Le bouton  vous permet d'accéder au paramétrage de la taille des points, via une boîte de dialogue visible en surimpression en haut à gauche dans l'espace d'affichage des contextes graphiques :



Pour modifier la taille d'affichage des points, il suffit de faire glisser le curseur : plus le curseur est à droite, plus les points seront gros. L'affichage est mis à jour de manière interactive. Cliquer sur OK pour valider et fermer la boîte de dialogue.

D'autres fonctionnalités sont accessibles via le menu *Display* :

- *Full screen* : basculer la fenêtre principal en affichage plein écran. Pour rétablir l'affichage normal, appuyer sur la touche F11.
- *Refresh* : actualiser l'affichage.
- *Test frame rate* : lancer le test d'estimation du taux de rafraîchissement (exprimé en Frame Per Second) du contexte courant. En théorie, plus il y a de triangles ou de points à afficher, plus le taux de rafraîchissement devrait être faible. Il est admis qu'en deçà d'une vingtaine d'images par seconde, l'humain perçoit l'affichage comme étant saccadé (au delà de 24 f.p.s, l'affichage est perçu comme étant fluide). Si le taux de rafraîchissement est trop faible, il est alors conseillé de limiter le nombre d'objets à traiter en n'affichant que les objets d'intérêt.
- *Toggle viewer based perspective* : passer en projection perspective et positionner le centre de rotation du point de vue sur la caméra elle-même. Pour rétablir le centre de rotation dans sa position d'origine (au centre de la scène) cliquez une nouvelle fois sur cette commande.
- *Toggle centered perspective* : passer en projection perspective et positionner le centre de rotation du point de vue sur le centre de la scène observée. Pour rétablir la projection par défaut (parallèle orthographique), cliquez une nouvelle fois sur cette commande.
- *Light & Materials/Toggle sun light* : activer ou désactiver la lumière globale.
- *Light & Materials/Toggle custom light* : activer ou désactiver la lumière personnalisée (celle-ci est déplaçable en maintenant la touche CTRL enfoncée tout en faisant un *pan* avec la souris à l'écran).

Remarque : les effets d'ombrage ne sont visibles que si au moins une source lumineuse est active.

Il est aussi possible de changer la couleur d'affichage individuelle des nuages de points. La couleur n'est visible que lorsqu'aucun champ scalaire n'est affiché (cf. section [1.4.2.2](#)). Pour changer la couleur d'un nuage, sélectionnez le puis ouvrez le sous-menu *Edit/Colors*.

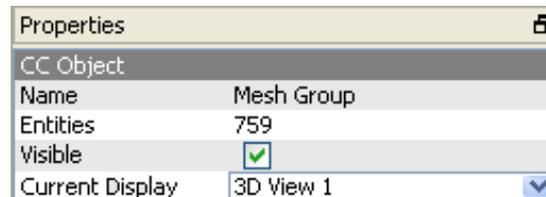
- La commande *Set unique* permet de choisir une couleur commune appliquée à tous les points du nuage (Cf. section [2.2.1](#)).

- La commande *Colorize* permet de mélanger une nouvelle couleur à la couleur courante du nuage de points (Cf. section 2.2.2). Cette opération consiste à multiplier les couleurs composante par composante, les couleurs étant exprimées sous la forme d'un vecteur [Rouge, Vert, Bleu]. Par exemple, si le nuage est jaune en tout point $([1, 1, 0])$, et que l'on applique *colorize* avec une couleur violette $([1, 0, 1])$, on obtiendra un nuage de couleur rouge $([1 * 1, 1 * 0, 0 * 1] = [1, 0, 0])$.
- La commande *Height ramp* permet d'appliquer un dégradé de couleurs au nuage selon un des 3 axes principaux du repère (Cf. section 2.2.3).
- La commande *Clear* permet enfin de supprimer la couleur courante du nuage. Après application de cette commande, les points du nuage seront affichés avec la couleur par défaut.

1.4 Propriétés des objets

1.4.1 Propriétés communes

Certains champs visibles dans la fenêtre de propriétés des objets sont communs à toutes les entités manipulées par *CloudCompare*. On les retrouve dans la section *CCObject* :



- *Name* : nom associé à l'objet. Il peut être modifié en double cliquant sur le nom (partie droite du champ) ou encore en appuyant sur la touche F2.
- *Entites* : ce champ indique le nombre de sous-entités rattachées à l'objet courant. Dans la capture ci-dessus par exemple, l'objet sélectionné est un groupe de maillages regroupant 759 sous-maillages (et nuages de points). Les sous-entités peuvent être accédées indépendamment en développant l'objet courant dans l'arborescence de la fenêtre de navigation (cf. section 1.2.1).
- *Visible* : si cette case est cochée et si l'objet n'est pas désactivé dans l'arbre de navigation (cf. section 1.2.1), alors l'objet est affiché dans le contexte graphique indiqué par *Current display*. Dans le cas contraire, il reste caché et seule sa boîte englobante peut apparaître (lorsque il est sélectionné).
- *Current display* : permet de choisir le contexte graphique dans lequel l'objet est affiché (cf. section 1.3.2).

La suite de cette documentation présente les propriétés spécifiques à chaque type d'entité. Il existe en effet des champs (voire même des sections entières) qui ne sont disponibles qu'après certains traitements ou pour un type d'objet donné.

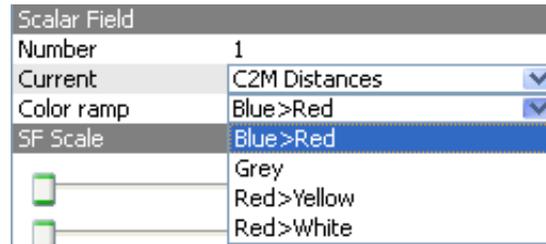
1.4.2 Nuages de points

1.4.2.1 Propriétés communes

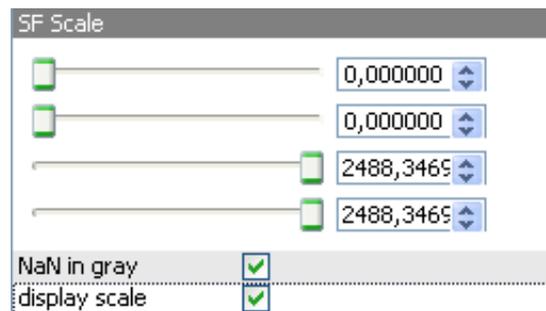
Deux champs sont communs à tous les nuages de points :

- *Colors* : disponible dans la section *CCObject*, permet d'activer (si la case est cochée) ou de désactiver (sinon) l'affichage de la couleur paramétrée pour le nuage de points (cf. section 1.3.4). Attention : ne pas confondre les couleurs des points avec les champs scalaires, qui ne doivent pas être assimilés à des couleurs mais bien à des valeurs scalaires (réelles) associées à chaque point (la couleur n'étant dans ce cas qu'un moyen de visualisation - Cf. section 1.4.2.2). Il est donc possible que les points restent "colorés" à l'écran bien que la "couleur" du nuage soit désactivée.
- *Points* : consultable dans la section *Cloud*, indique le nombre de points composant le nuage.

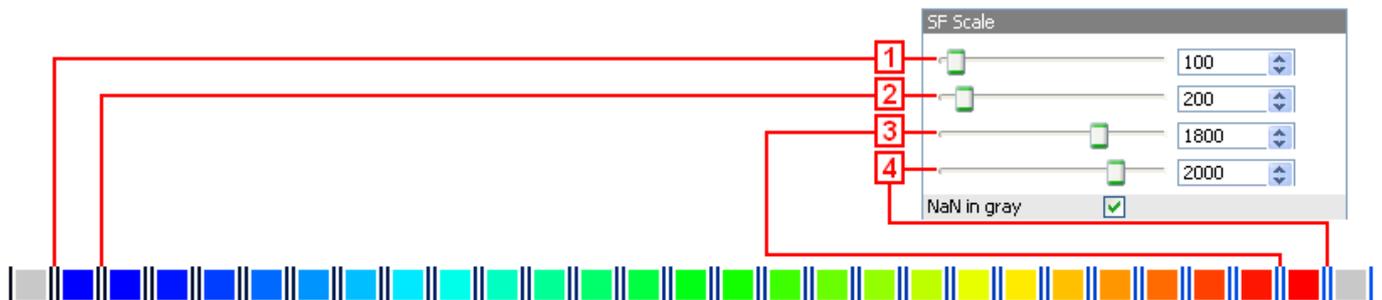
Les nuages de points disposant de normales (vecteurs normaux) possèdent un champ *Normals* permettant de prendre en compte ou non ces vecteurs lors de l'affichage du nuage (via un effet d'ombrage semi-réaliste).



Vous pouvez afficher la rampe de couleurs dans le contexte graphique où figure le nuage de points (cf. figure de la section 1.3.1), en cochant la case *Display scale* dans la section *SF scale*. Pour masquer la rampe, décochez cette même case :



Enfin, *CloudCompare* offre à l'utilisateur la possibilité de paramétrer plus finement la visualisation du champs scalaire courant, en manipulant les quatre potentiomètres disponibles dans la section *SF scale* (ou en modifiant les champs textes associés qui se trouvent à leur droite). Dans le doute, pour savoir à quoi correspond un potentiomètre, il suffit de positionner le curseur de la souris dessus et de patienter quelques secondes le temps qu'une description apparaisse (vous pouvez aussi lire le texte d'aide visible immédiatement dans la barre de statut en bas de la fenêtre principale). Le rôle de chaque potentiomètre est défini de la manière suivante :



- **1** : Valeur minimale affichée (Min displayed value). Toutes les valeurs scalaires inférieures à **(1)** sont ignorées (NaN : Not a Number) lors de l'affichage.
- **2** : Valeur minimale de saturation (Min saturation value). Tous les points ayant une valeur scalaire associée inférieure à **(2)** sont affichés dans la couleur « la plus faible » (ici en bleu).
- **3** : Valeur maximale de saturation (Max saturation value). Tous les points ayant une valeur scalaire associée supérieure à **(3)** sont affichés dans la couleur « la plus forte » (ici en rouge).
- **4** : Valeur maximale affichée (Max displayed value). Toutes les valeurs scalaires supérieures à **(4)** sont ignorées lors de l'affichage.

L'affichage des valeurs ignorées est piloté par la propriété *Nan in gray* : si elle est cochée, les points associés à des valeurs scalaires ignorées sont affichés en gris. Sinon ces points ne sont pas affichés.

Les quatre valeurs présentées ci-avant permettent donc de définir deux plages :

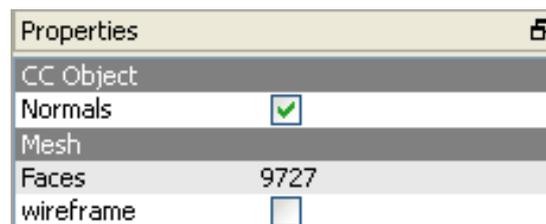
- les valeurs affichables, pour lesquelles les points sont effectivement affichés en couleurs. Le comportement en dehors de cette plage dépend de *Nan in grey*.
- la plage de saturation, en dehors de laquelle la dynamique de couleur est désactivée. La borne inférieure de cet intervalle est associée à la première couleur de l'échelle, la borne supérieure à la dernière couleur, le reste des couleurs étant réparti linéairement sur les valeurs scalaires comprises dans l'intervalle.

CloudCompare vérifie en temps réel les valeurs saisies : on ne peut pas avoir (1) > (4) ni (2) > (3). Toute modification valide d'une de ces valeurs est immédiatement répercutée sur l'affichage courant des points de manière interactive.

1.4.3 Maillages / groupes de maillages

Ces deux types d'entités partagent les mêmes propriétés :

- *Normals* : disponible dans la section *CCObject*, ce champ permet d'activer (si la case est cochée) les normales lors de l'affichage de l'objet. Les normales permettent d'obtenir un rendu visuel semi-réaliste des objets, dans la mesure où ce sont elles qui servent au calcul d'éclairage des facettes. Si cette option est désactivée, le calcul d'éclairage ne peut être effectué et la surface de l'objet est affichée dans une couleur uniforme (effet « silhouette », perte de l'impression de profondeur).
- *Faces* : consultable dans la section *Mesh*, indique le nombre de facettes composant le maillage. Dans le cas d'un groupe de maillages, ce nombre correspond au nombre total de facettes des sous-maillages qui sont rattachés à ce groupe.
- *Wireframe* : disponible dans la section *Mesh*, permet d'activer (si la case est cochée) le rendu en « fil de fer » de l'objet.



Le rendu "fil de fer" consiste à n'afficher que les bords des facettes composant le maillage (sous forme de segments). Il s'agit d'un rendu sans masquage des arêtes cachées : toutes les arêtes sont affichées, même celles qui ne sont pas visibles du point de vue de la caméra car cachées par des faces. Il ne s'agit donc pas d'un rendu de type "hidden lines" (voir figure 1.3).

1.4.4 Octree

1.4.5 Présentation

L'octree est une structure destinée à accélérer les traitements sur des données spatiales. Il s'agit d'un découpage récursif et hiérarchique de l'espace (en *cubes* décomposant l'espace). *CloudCompare* construit une telle structure par dessus les nuages de points dans de très nombreux cas pour accélérer ses traitements. C'est un type d'octree particulier qui est particulièrement rapide à construire.

D'un point de vue général, l'octree est défini par *niveaux de subdivision* :

- Le premier niveau (niveau 0) est le plus petit cube englobant entièrement le nuage de points.
- Au niveau $N + 1$, l'octree est construit en subdivisant chacun des cubes du niveau N en 8 sous-cubes de même taille (en pratique on ne se souvient que des sous-cubes contenant au moins un point du nuage).

Il est important que l'utilisateur comprenne bien le principe de cette structure, puisqu'elle occupe une place centrale dans *CloudCompare*.

Plus le niveau d'octree est élevé :

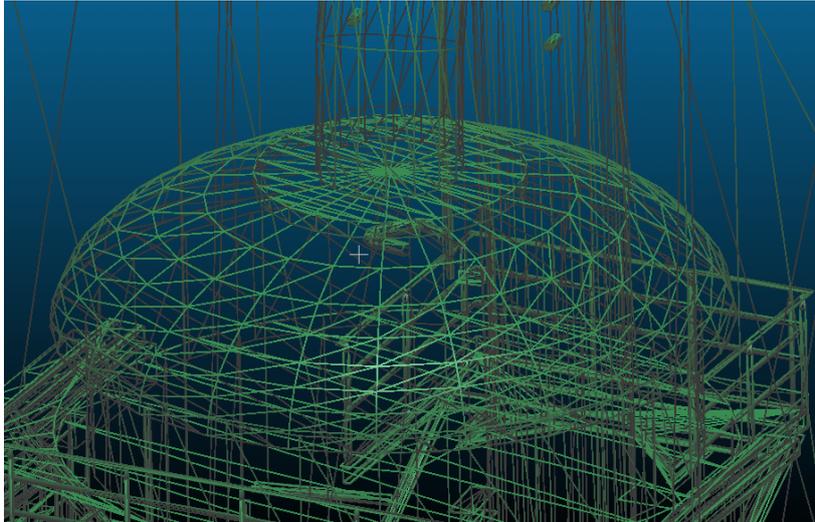


FIGURE 1.3 – Exemple de rendu "fil de fer" d'un maillage

- plus le nombre de cubes à traiter est élevé : potentiellement $8^N = 2^{3N}$ cubes au niveau N . Pour idée, bien que cela soit très peu probable, on peut donc avoir jusqu'à $2^{21} = 2\,097\,152$ cubes au niveau 7 d'un octree. Au niveau 10, on a 2^{30} cubes, soit un peu plus d'un milliard ! (là encore, cela est peu probable, d'autant plus qu'il faudrait au moins autant de points). En pratique, beaucoup de cubes sont vides et ne sont donc pas conservés en mémoire, d'où une structure généralement relativement compacte. Enfin, *CloudCompare* utilise un codage spécial de l'octree qui fait que sa taille est toujours proportionnelle au nombre de points du nuage, et ne dépend pas de la répartition spatiale de celui-ci. C'est aussi pour cette raison que le niveau maximal d'un octree est fixé à 10 dans *CloudCompare*, pour que le codage par point ne soit pas trop important.
- plus les cubes sont petits : si a_N est la taille d'une arête du cube au niveau N (donc a_0 est la taille du cube initial), $a_N = \frac{a_0}{2^N}$. En effet, par construction, on divise par deux la taille des cubes selon chaque dimension lorsqu'on descend d'un niveau. Par exemple, les cellules de l'octree au niveau 5 d'un octree sont 32 fois plus petites que la cellule englobant le nuage (au niveau 0).
- plus le nombre de points par cube est faible : intuitivement, les cubes étant plus petits, ils contiennent moins de points.
- plus l'enveloppe de l'octree (la surface globale formée par l'ensemble des surfaces externes des cubes) est proche du nuage de points.

Les 3 captures d'écran de la figure 1.4 donnent un aperçu de la répartition et de la taille des cellules d'octree à différents niveaux de subdivision.

Beaucoup de traitements sur les nuages de points ont recours à un octree. Lorsque c'est possible, le niveau d'octree optimal pour les calculs à effectuer est déterminé de manière automatique et transparente par le programme. Toutefois, certains calculs font appel à une estimation de l'utilisateur quant au niveau à utiliser. Dans ces situations, il s'agit généralement pour l'utilisateur de trouver un niveau qui aboutisse au meilleur compromis entre le nombre de cubes à traiter (pas trop grand, donc un niveau pas trop élevé) et le nombre moyen de points par cube (le plus petit possible, donc un niveau pas trop faible). Trouver le bon niveau peut donc nécessiter une certaine expérience.

1.4.6 Affichage

L'octree est indissociable du nuage de points auquel il est rattaché. Il s'agit d'une structure abstraite, disponible dans l'interface de *CloudCompare* uniquement à titre visuel. L'affichage proposé par *CloudCompare* ne permet de visualiser qu'un niveau à la fois. Vous pouvez changer le niveau d'affichage de l'octree en incrémentant/décrémentant le champ *Display level* de la section *Octree*.

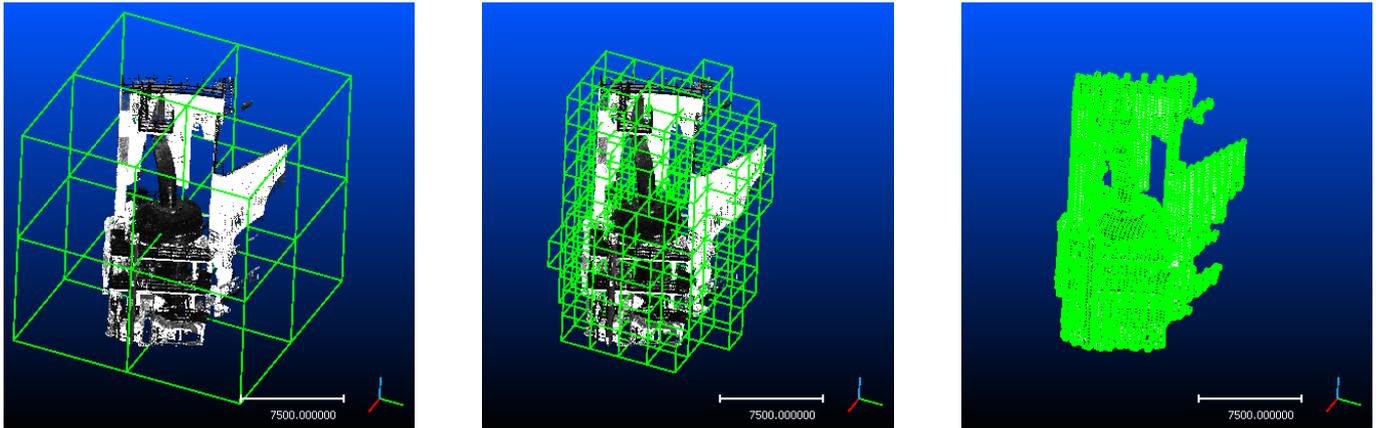


FIGURE 1.4 – Cellules à différents niveaux d'octree : niveau 1 (gauche), 3 (milieu) et 6 (droite).

Properties	
Octree	
Display type	Plain cubes
Display level	4

Les niveaux qui peuvent être affichés vont de 1 à 10. Le niveau 0 ne peut être sélectionné (il n'est d'ailleurs en pratique jamais utilisé, pas même pour les calculs, puisque l'octree au niveau 0 correspond ni plus ni moins au nuage dans son intégralité).

Il se peut que l'affichage ralentisse considérablement au delà d'un certain niveau de subdivision (en fonction des capacités de l'ordinateur sur lequel le programme s'exécute), à cause du nombre conséquent d'éléments à afficher. Dans ce cas, préférez donc des niveaux d'affichage raisonnables autant que possible.

L'octree peut être visualisé sous différentes formes :

- Fil de fer (Wire) : seules les arrêtes des cubes sont représentées.
- Points : chaque cube est représenté par le centre de gravité des points qui y sont inclus.
- Surfactive (Plain cubes) : la surface des cubes est pleinement affichée.

Pour changer l'affichage de l'octree, sélectionnez un mode dans la liste déroulante *Display type* de la section octree.

Octree	
Display type	Wire
Display level	Wire
	Points
	Plain cubes

1.5 Modification interactive des entités

1.5.1 Segmentation manuelle

Cet outil est accessible via l'icône  .

Il est possible de "découper" manuellement à l'écran la ou les entités sélectionnées. Celui-ci permet de définir graphiquement (voir figure 1.5), par des clics successifs un contour, puis de choisir si l'on veut "garder" les points à l'intérieur ou à l'extérieur de ce contour. Le processus est répétable à volonté, et les points rejetés sont cachés au fur et à mesure. Si l'utilisateur valide sa "découpe", le nuage courant est remplacé par les points correspondant aux

points sélectionnés et un nouveau nuage avec les points restants est créé à côté.

Cela marche aussi avec les maillages, mais les triangles à la frontière ne sont pas découpés à proprement parler (on garde les triangles totalement inclus dans la frontière, et les autres appartiennent à *l'extérieur* de la sélection).

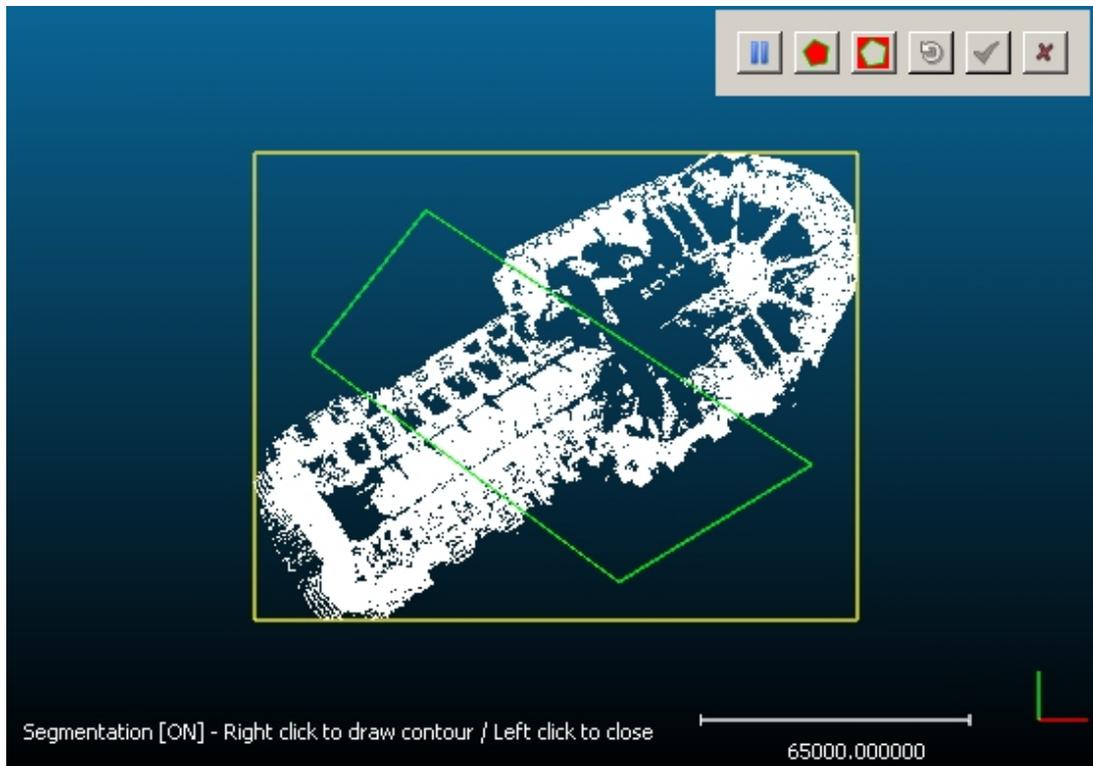


FIGURE 1.5 – Outil de segmentation manuelle

L'outil est matérialisé par une barre d'icônes qui apparaît en haut à droite de l'écran :

- la première icône permet de mettre en pause la segmentation (ce qui permet de faire tourner l'entité 3D sélectionnée par exemple entre deux "découpes"). Attention, si la segmentation est mise en pause, le contour actuellement dessiné disparaît. Si une découpe est effectuée (voir les deux points suivants), la segmentation est automatiquement mise en pause. Si l'outil n'est pas en pause, l'utilisateur peut définir le contour par clics gauches successifs à l'écran. Le premier ne fait rien, puis les suivants rajoutent un segment à chaque fois reliant le précédent clic au dernier. Un clic droit permet de fermer le contour (nécessaire pour effectuer une sélection). Enfin, tout clic gauche intervenant après une fermeture du contour réinitialise le contour.
- l'icône suivante correspond à une sélection des points à l'intérieur du contour. Les points à l'extérieur sont cachés et la segmentation est mise en pause (le contour doit être fermé).
- l'icône suivante correspond à une sélection des points à l'extérieur du contour. Les points à l'intérieur sont cachés et la segmentation est mise en pause (le contour doit être fermé).
- l'icône suivante correspond à une réinitialisation complète de la sélection (tous les points redeviennent visibles).
- l'avant dernière icône permet de valider la découpe et de quitter.
- la dernière icône permet d'annuler la découpe et de quitter.

1.5.2 Rotation/translation manuelle

Cet outil est accessible via l'icône .

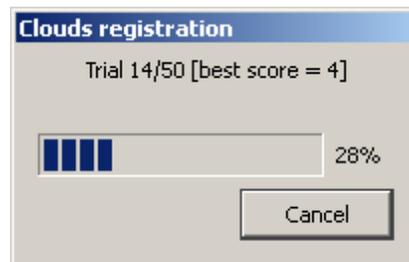
Il permet d'appliquer une rotation et/ou une translation manuelle aux entités sélectionnées. Lorsqu'il est activé, 3 icônes apparaissent en haut à droite :

- La première permet de réinitialiser la transformation appliquées aux entités sélectionnées.
- La seconde permet de valider la transformation et de quitter.
- La dernière permet d'annuler la transformation et de quitter.

La transformation se fait interactivement avec la souris, en utilisant les mêmes conventions que pour la transformation du point de vue (Cf. section 1.3.3). Le bouton gauche permet de tourner les entités (par rapport au centre de gravité des boîtes englobantes des unités sélectionnées) et le bouton droit permet de translater les entités dans le plan de l'écran.

1.6 Barres de progression

Certaines commandes sous *CloudCompare* nécessitent un temps de traitement relativement long, pouvant aller de quelques secondes à quelques minutes selon la capacité de l'ordinateur sur lequel l'application s'exécute, ainsi que le paramétrage de la fonction et la complexité inhérente au traitement effectué. La barre de progression est une fenêtre apparaissant durant les calculs non immédiats, donnant un aperçu de l'état d'avancement du traitement (lorsque la barre est remplie, le calcul est terminé).



Parmi les commandes affichant une barre de progression, certaines permettent d'arrêter le calcul en cours d'exécution, via le bouton *Cancel* (l'arrêt du processus n'est pas forcément immédiat, l'ordinateur ne prenant en compte la commande que lorsqu'il est suffisamment "disponible" pour pouvoir le faire). Lorsque ce bouton n'est pas visible, le traitement ne peut être interrompu avant la fin du calcul.

1.7 Barres d'outils

Vous trouverez ci dessous la liste des boutons disponibles dans les diverses barres d'outils de *CloudCompare*.

Bouton	Commande	Description
Barre d'outils <i>Main tools</i>		
	Open	cf. section 2.1.1
	Save	cf. section 2.1.2
	Clone	cf. section 2.2.24
	Fuse	cf. section 2.2.25
	Delete	Supprimer les objets sélectionnés
	Register	cf. section 2.3.4
	Align	cf. section 2.3.3

Bouton	Commande	Description
	Subsample	cf. section 2.2.28
	Sample points	cf. section 2.2.10
	Cloud/Cloud distance	cf. section 2.3.5
	Cloud/Mesh distance	cf. section 2.3.6
	Statistical test	cf. section 2.3.9
	Label connected components	cf. section 2.3.10
	Segment	cf. section 1.5.1
	Translate/Rotate	cf. section 1.5.2
Barre d'outils <i>Scalar Field Tools</i>		
		
	Show histogramm	Afficher l'histogramme du champ scalaire courant.
	Compute statistical parameters	cf. section 2.3.8
	Filter by value	cf. section 2.2.20
	Gradient	cf. section 2.2.18
	Gaussian filter	cf. section 2.2.19
	Delete current scalar field	Supprimer le champ scalaire actif du nuage sélectionné.
	Difference	cf. section 2.2.21
Barre d'outils <i>Miscellaneous Tools</i>		
		
Peut contenir des éléments différents que ceux listés ici (en fonction des plugins disponibles) .		
	Hidden Points Removal	cf. section 2.5.2
	Global Enlighting	cf. section 2.5.1
Barre d'outils <i>Viewing Tools</i>		
		
Cette barre d'outils est présentée en section 1.3.4 .		

Les barres d'outils sont affichées ou masquées selon qu'elles sont cochées ou non dans le sous-menu *Display/Toolbars*. Pour changer l'état d'une barre d'outils (visible ou non), cliquez sur son nom dans *Display/Toolbars*.

1.8 Raccourcis clavier

Le tableau suivant liste les raccourcis clavier proposés dans *CloudCompare* :

Touche(s)	Commande	Fonctionnalité	Remarque
F1	Help	afficher le document d'aide de <i>CloudCompare</i>	
F2	Rename	renommer l'entité sélectionnée	

Touche(s)	Commande	Fonctionnalité	Remarque
F3	Toggle centered perspective	positionner le centre de rotation du point de vue sur le centre de la scène, activer/désactiver la projection perspective	cf. section 1.3.4
CTRL + F3	New 3D View	ouvrir un nouveau contexte graphique	
F4	Toggle viewer based perspective	positionner le centre de rotation du point de vue sur la caméra / rétablir le point de vue par défaut	cf. section 1.3.4
CTRL + F4	Close 3D View	fermer le contexte graphique courant (avant d'appliquer ce raccourci, il faut sélectionner un des objets de la fenêtre qu'on veut fermer dans le browser d'objets à gauche)	
F5	Refresh	rafraîchir l'affichage	
F6	Toogle sun light	active / désactive la source lumineuse globale	cf. section 1.3.4
F7	Toggle custom light	active / désactive la source lumineuse secondaire	cf. section 1.3.4
F8	Set unique color	appliquer une couleur aux objets sélectionnés	cf. section 1.3.4
F11	Full screen	afficher la fenêtre principale en plein écran / revenir à l'affichage classique.	
F12	Test frame rate	calculer le taux de rafraîchissement du contexte graphique courant	cf section 1.3.4
CTRL + O	Open	ouvrir un objet à partir d'un fichier	cf. section 2.1.1
CTRL + D	Delete list	supprimer de l'application les listes sélectionnées	

Chapitre 2

Fonctions

Dans cette section sont détaillées les fonctions accessibles via le menu principal. Elles sont classées par sous-menu.

2.1 Menu 'File'

2.1.1 Open (file)

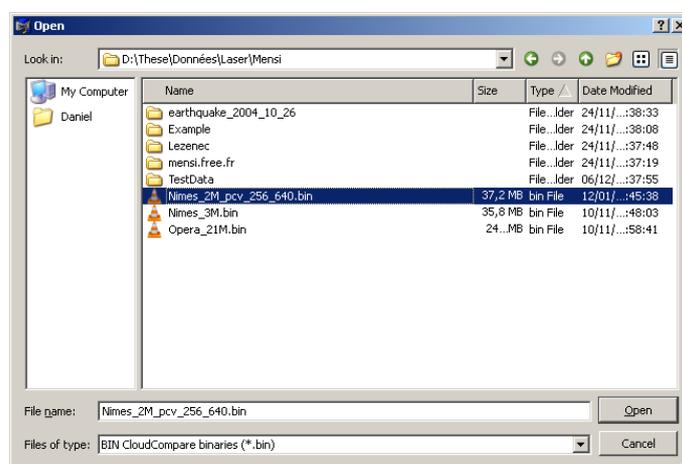


FIGURE 2.1 – Interface de sélection d'un fichier

Permet de charger une entité 3D en mémoire via une interface standard (figure 2.1).

Remarques :

- Raccourci clavier : **CTRL+O**
- Si le chargement est réussi, l'entité sera automatiquement affichée dans le contexte actif
- Dérouler le menu *Look in* (en haut) permet d'accéder à divers chemins usuels, ainsi qu'aux chemins récemment utilisés
- Dérouler le menu *Files of type* (en bas) permet de choisir un filtre pour l'affichage des fichiers du répertoire courant (si le filtre est « *.* », le format du fichier sélectionné est détecté automatiquement par *CloudCompare* en fonction de son extension)

2.1.2 Save (file)

Permet de sauvegarder dans un fichier l'entité sélectionnée (voire plusieurs entités à la fois si le format de fichier choisi le permet). Le fichier est désigné via une interface standard (figure 2.1).

Remarques :

- Dérouler le menu *Look in* permet d'accéder à divers chemins usuels, ainsi qu'aux chemins récemment visités
- Dérouler le menu *Files of type* (en bas) permet de filtrer les fichiers du répertoire courant affichés et de désigner le format de sauvegarde
- Une extension sera automatiquement rajoutée au nom du fichier en fonction du format de sauvegarde choisi par l'utilisateur (si ce dernier ne spécifie pas d'extension).

2.2 Menu 'Edit'

2.2.1 Colors > Set Unique

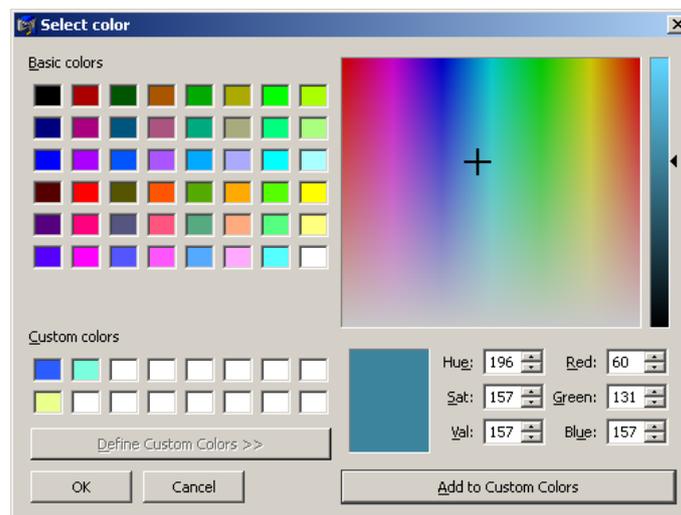


FIGURE 2.2 – Interface de sélection d'une couleur unique

Permet de définir une couleur qui sera appliquée à tous les points de l'entité 3D sélectionnée. Le choix est manuel, et se fait via une interface classique proposant divers modes de sélection (figure 2.2) :

- soit en choisissant une couleur *basique* (en haut à gauche), ou une couleur précédemment sauvegardée (*custom* - en bas à gauche)
- soit en cliquant sur la zone colorée (en haut à droite) et en faisant varier l'intensité avec l'ascenseur en dégradé (à droite)
- soit en rentrant manuellement les paramètres dans les trois champs HSV ou RGB (en bas à droite)

Raccourci clavier : **F8**

2.2.2 Colors > Colorize

Même interface que la fonction "Set Unique" (2.2.1). Cette fonction permet de modifier les couleurs actuelles des points (par multiplication des composantes de la couleur actuelle par celles de la couleur sélectionnée). Si l'entité n'a pas de couleur, alors la fonction est équivalente à "Set Unique".

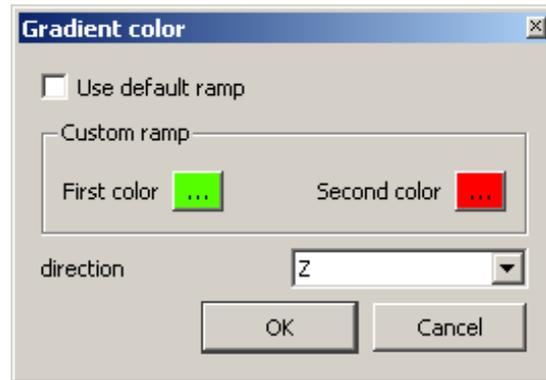


FIGURE 2.3 – Interface de sélection d'une rampe de couleur



FIGURE 2.4 – Rampe de couleur par défaut

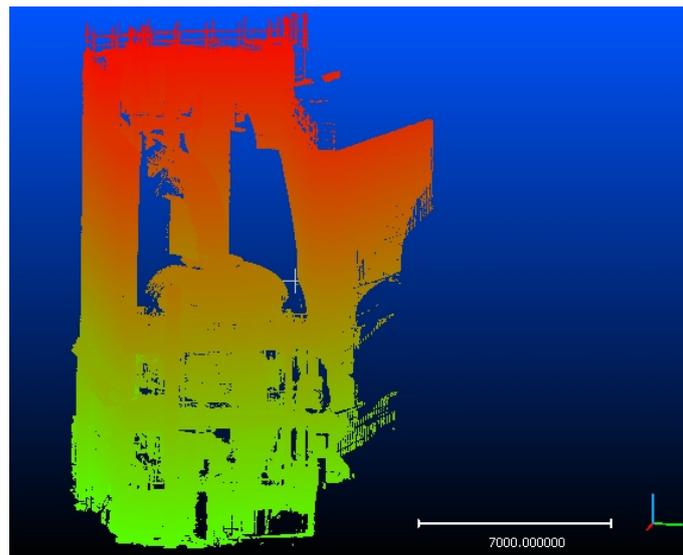


FIGURE 2.5 – Exemple d'un dégradé vert à rouge appliqué selon Z

2.2.3 Colors > Height Ramp

L'utilisateur a le choix entre appliquer une rampe par défaut (figure 2.4) ou alors une rampe dont il définit les deux couleurs extrêmes (figure 2.3). Il faut dans ce cas désactiver la case *Use default ramp*. Les deux couleurs extrêmes du dégradé peuvent alors être définies en cliquant sur les champs *First color* et *Second color* (qui font apparaître des interfaces de sélection de couleur unique, comme pour la méthode *Set Unique* par exemple - Cf. section 2.2.1).

Dans tous les cas, l'utilisateur peut enfin choisir selon quelle des 3 directions principales X, Y ou Z (se référer au trièdre de visualisation qui apparaît en bas à droite de l'écran) le dégradé sera appliqué.

2.2.4 Normals > Compute

Cette fonction n'est pas encore intégrée à la version 2.1 de *CloudCompare*.

Cette fonction permet de calculer les normales (non signées) d'un nuage de points qui en serait dépourvu, et ce via différentes méthodes. Pour obtenir un champ de normales signées, il faut utiliser la fonction *Resolve direction* (Cf. section 2.2.6).

Les deux méthodes actuellement disponibles sont :

- LS : approche par ajustement local de plan avec 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)

2.2.5 Normals > Invert

Inverse les normales (les normales correspondant à des vecteurs tridimensionnels unitaires, on remplace chacune par le vecteur opposé).

Note : cela permet généralement de corriger le problème de sens (direct ou indirect) des triangles de maillages, dont la norme n'est pas partagée par tous les logiciels de traitement ou de génération de maillages ...

2.2.6 Normals > Resolve direction

Cette fonction n'est pas encore intégrée à la version 2.1 de *CloudCompare*.

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 appliquer 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 une mauvaise prise en compte des circonvolutions locales, alors qu'un niveau élevé va entraîner l'inverse. De plus, 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 augmenter le niveau 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).

Note : la résolution est au sens près, il peut donc être nécessaire d'utiliser la fonction Invert (Cf. section 2.2.5) pour obtenir le résultat final recherché.

2.2.7 Octree > 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). Une fois l'octree calculé avec succès, il est affiché automatiquement par dessus l'entité sélectionnée (Cf. section 1.4.6).

*Note : le niveau maximal de subdivision d'un octree est 10 dans cette version de *CloudCompare*.*

2.2.8 Octree > Resample

Fonction de ré-échantillonnage (grossier) d'un nuage. L'utilisateur spécifie un nombre approximatif de points (via l'interface 2.6), et *CloudCompare* détermine alors le niveau d'octree ayant un nombre de cellules le plus proche de cette valeur. Le nuage ré-échantillonné est alors formé en remplaçant chaque cellule par un point *représentatif* (actuellement, le centre de gravité des points présents à l'intérieur de la cellule).



FIGURE 2.6 – Interface de sélection du nombre de points pour le ré-échantillonnage

Remarque : cette méthode est différente de la méthode *Subsample* (Cf. section 2.2.28) car elle crée des points, contrairement à *Subsample* qui sélectionne des points existants dans le nuage source.

2.2.9 Mesh > Compute

Cette fonction permet de calculer un maillage $2D\frac{1}{2}$ par dessus un nuage de point (via la triangulation de Delaunay).

Puisque la méthode produit un maillage $2D\frac{1}{2}$ à partir d'un nuage 3D, il faut projeter celui-ci sur un plan avant de calculer la triangulation. Ainsi deux choix s'offrent à l'utilisateur (la fonction est déclinée en deux versions) :

- *Axis aligned plane* : par défaut, *CloudCompare* estime que les altitudes sont portées par l'axe principal Z et les points sont donc projetés sur le plan (XY)
- *Best LS plane* : approche plus générique, qui projette les points sur le plan interpolant le mieux le nuage au sens des moindres carrés (elle est adaptée aux nuages assez *plats* dont les altitudes ne sont pas forcément portées par Z).

2.2.10 Mesh > Sample Points

Cette fonction échantillonne de manière aléatoire des points sur une surface décrite par un maillage (voir figure 2.7).

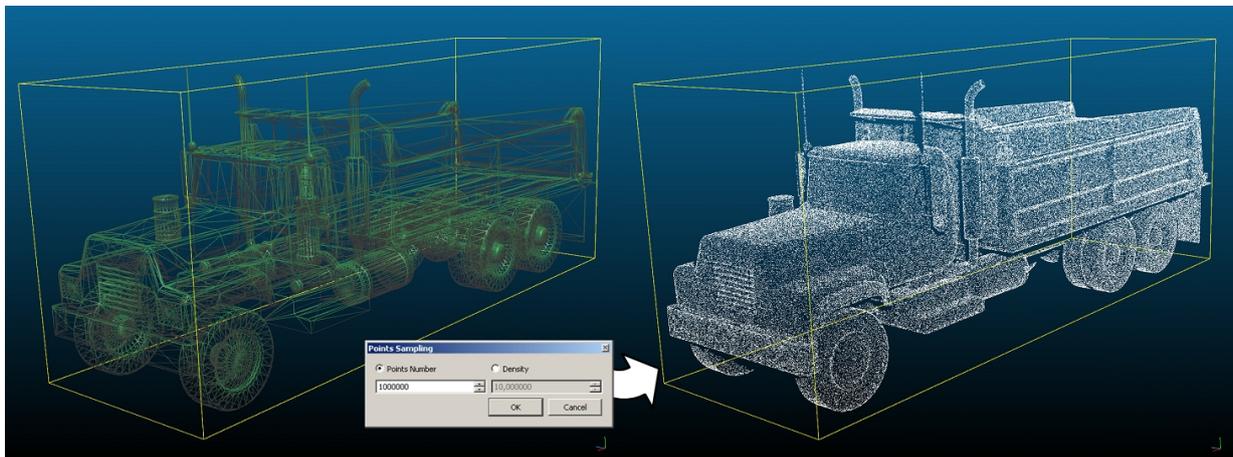


FIGURE 2.7 – Illustration du principe de l'échantillonnage de points sur un maillage

Un nouveau nuage de points est créé. L'utilisateur à le choix via l'interface 2.8 de spécifier :

- le nombre total de points désiré.
- ou une densité par unité de surface. Attention, la surface est exprimée dans la même unité (au carré) que celle utilisée pour les coordonnées des sommets du maillage. Pour connaître la surface totale du maillage, vous pouvez appeler la fonction *Mesh > Measure surface* - section 2.2.11).

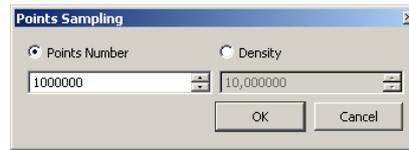


FIGURE 2.8 – Interface de paramétrage pour l'échantillonnage de points sur un maillage

2.2.11 Mesh > Measure Surface

Calcule la surface du maillage.

Cette surface est exprimée dans la même unité (au carré) que celle utilisée pour les coordonnées des sommets du maillage.

2.2.12 Mesh > Scalar Field > Smooth

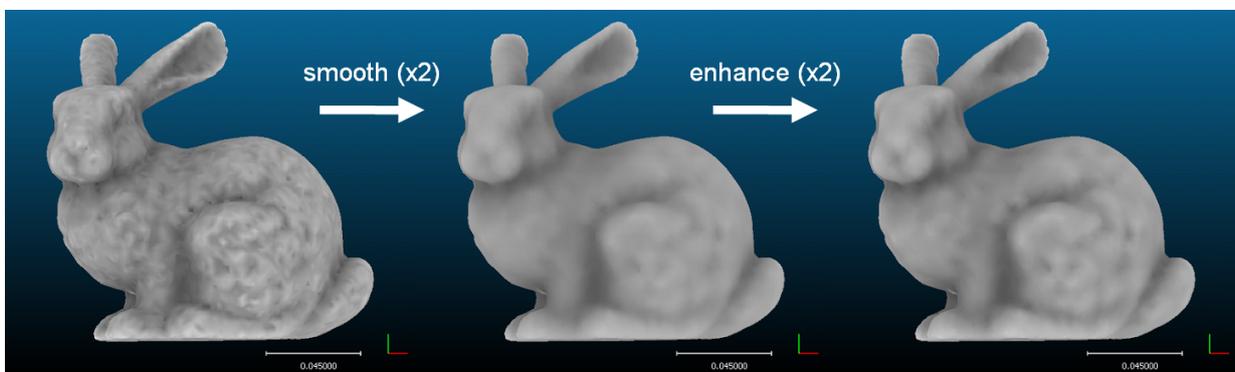


FIGURE 2.9 – Exemple de résultats obtenus avec les options *smooth* et *enhance* d'un champ scalaire porté par les sommets d'un maillage

Applique un lissage du champ scalaire porté par les sommets d'un maillage, en utilisant la topologie de celui-ci. La valeur scalaire au niveau d'un sommet est remplacée par une moyenne pondérée des valeurs scalaires portées par ses voisins.

Remarque : cette fonction est beaucoup plus rapide que la fonction *Gaussian filter* (section 2.2.19) pour un résultat approchant, mais elle nécessite d'une part un maillage associé au nuage de points (ces derniers correspondant aux sommets du maillage) et elle ne permet pas de régler la taille du noyau de lissage.

2.2.13 Mesh > Scalar Field > Enhance

Applique un réhaussement du contraste sur un champ scalaire porté par les sommets d'un maillage, en utilisant la topologie de celui-ci. La valeur scalaire au niveau d'un sommet est modifiée pour augmenter le contraste par rapport aux valeurs scalaires portées par ses voisins.

Cette fonction est l'inverse de *Mesh > Scalar Field > Smooth* (section 2.2.12).

2.2.14 Sensor > Ground-Based Lidar > Show depth buffer

Cette fonction n'est pas encore intégrée dans la version 2.1 de *CloudCompare*.

Affiche la carte de profondeur associée à un *capteur*.

2.2.15 Sensor > Ground-Based Lidar > Export depth buffer

Cette fonction permet d'exporter la carte de profondeur associée à un *capteur* sous la forme d'un fichier texte.

Elle s'applique au nuage qui "contient" le capteur sélectionné (il faut donc au préalable sélectionner une entité *capteur*).

L'utilisateur est invité à spécifier un nom de fichier dans lequel seront sauvegardées toutes les informations relatives à la carte de profondeur (voir section [A.1.3.2](#)).

2.2.16 Sensor > Create

Cette fonction permet de créer un *capteur* (une représentation virtuelle d'un scanner laser) associé à un nuage.

En général, l'utilisateur voudra créer a posteriori le scanner qui a permis l'acquisition du nuage de points sélectionné. Cela permet en particulier d'appliquer des filtrages intelligents lors du calcul de distance entre deux nuages de points (Cf. section [2.3.5](#)).

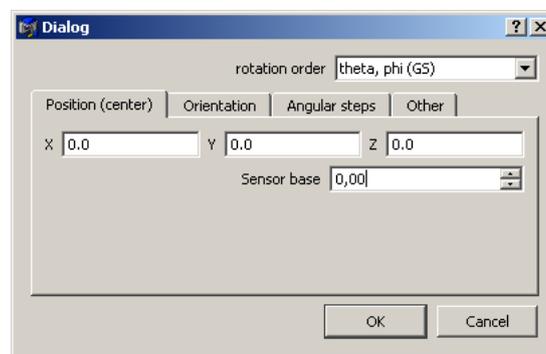
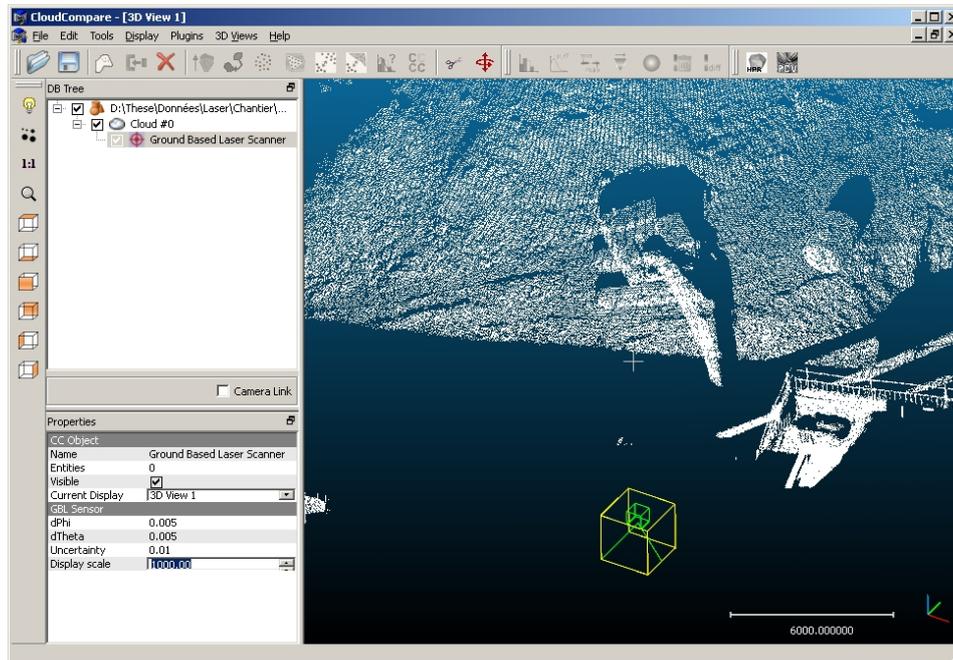


FIGURE 2.10 – Interface de paramétrage pour la création d'un *capteur*

Lors de la création d'un *capteur*, de nombreux paramètres sont réglables (via différents onglets de l'interface [2.10](#)) :

- *rotation order* : ordre des rotations du scanner (moteur, miroir). Nous utilisons ici les angles θ et ϕ suivant les conventions habituelles des coordonnées sphériques : θ représente l'angle (le débattement) horizontal du *capteur*, ϕ représente l'angle vertical du *capteur*. Il existe deux choix actuellement : θ puis ϕ (type *GS* de *Trimble*) ou ϕ puis θ (type *Soisic* de *Trimble*).
- *Position (center)/(X,Y,Z)* : position X,Y,Z du centre optique du scanner (exprimée dans le référentiel du nuage de point)
- *Position (center)/Sensor base* : écart entre l'émetteur laser et le récepteur (utile pour un capteur à triangulation comme le *Soisic* typiquement).
- *Orientation* : repère du capteur exprimé par rapport au repère du nuage (trois vecteurs). Par défaut, la matrice formée par ces trois vecteurs est laissée à l'identité, ce qui revient à avoir une orientation *droite* selon les 3 axes du repère courant.
- *Angular steps/dPhi* : pas angulaires (en degrés) du capteur selon ϕ .
- *Angular steps/dTheta* : pas angulaires (en degrés) du capteur selon θ .
- *Other/Uncertainty* : l'incertitude sur la mesure laser, en pourcentage (déduite automatiquement lors de la projection).
- *Other/Max. range* : la portée maximale (déduite automatiquement lors de la projection).

Une fois les paramètres rentrés, *CloudCompare* crée un objet *capteur* qu'il associe au nuage. Celui-ci contient entre autre une carte de profondeur du nuage (obtenue en projetant les points dans le référentiel angulaire du capteur - et équivalente à un *Z-buffer*) qui permet d'une part des filtrages intelligents lors du calcul de distances comme évoqué plus haut, mais qui peut-être aussi visualisée (section [2.2.14](#)) ou exportée (section [2.2.15](#)). Enfin l'objet capteur est affichable *en situation* sous la forme d'un petit capteur 3D schématique (voir figure [2.11](#)).

FIGURE 2.11 – Objet *capteur* affiché *in situ*

2.2.17 Sensor > Modify

Permet de modifier les paramètres d'un *capteur*.

La même boîte de dialogue que celle montrée sur la figure 2.10 pour la création d'un *capteur* est affichée pour la modification mais ici, les valeurs des paramètres du *capteur* correspondent à ceux qui ont été saisis lors de la création (et non aux paramètres par défaut).

2.2.18 Scalar Fields > Gradient

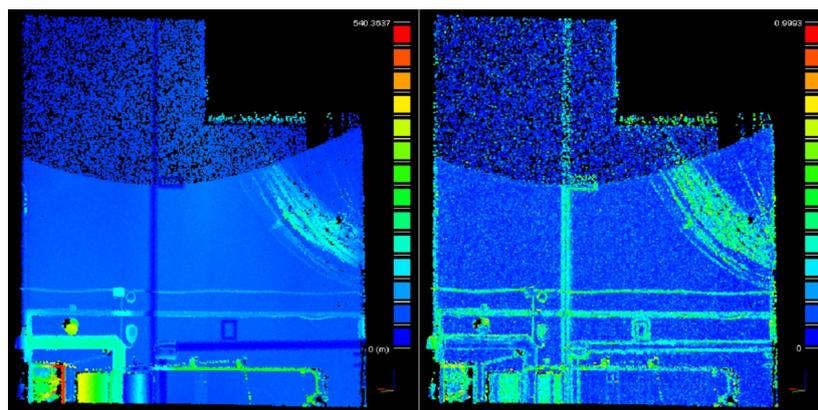


FIGURE 2.12 – Interface de paramètre pour le calcul des normales

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 correspond à une distance euclidienne (telles que les distances calculées entre deux nuages ou entre un nuage et un maillage). Si

oui, l'algorithme filtrera les valeurs aberrantes, qui sont alors facilement détectables (en effet, dans ce cas le gradient en valeur absolue ne peut pas être supérieur à 1 - Cf. thèse de D. Girardeau-Montaut).

Remarques :

- L'algorithme crée un nouveau type de champ scalaire (*Gradient norms*).
- Comme pour du traitement d'image 2D classique, le gradient permet notamment de mettre en valeur les zones de fortes variations du champ scalaire (on met ainsi en évidence les bords des zones de changement par exemple - voir figure 2.12).
- Comme pour du traitement d'image 2D classique, il est souvent nécessaire d'appliquer un filtre gaussien aux données avant et/ou après un calcul du gradient (Cf. section 2.2.19).
- Le fait que la valeur de la norme du gradient ne soit 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).

2.2.19 Scalar Fields > Gaussian Filter

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 1.4.6).

Remarques :

- 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 3σ 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, plus le calcul est lent.
- Cette fonction est très utile pour lisser le résultat d'un calcul du gradient (section 2.2.18) mais aussi d'un calcul de Portion de Ciel Visible (section 2.5.1) par exemple.

2.2.20 Scalar Fields > Filter by Value



FIGURE 2.13 – Interface de paramétrage pour le filtrage des points par valeur du champ scalaire

Cette fonction permet de segmenter un nuage en définissant un intervalle de valeurs scalaires (figure 2.13). Un nouveau nuage sera créé avec tous les points dont les valeurs scalaires (champ scalaire actif) sont incluses dans cet intervalle.

2.2.21 Scalar Fields > Difference

Cette fonction n'est pas encore intégrée dans la version 2.1 de CloudCompare.

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 (spatialement) portant chacun un champ scalaire, la différence des valeurs portées par les points homologues.

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 de choix des rôles - voir section 2.3.4). En effet, le calcul est signé, et il faut donc décider d'un ordre pour la soustraction des valeurs ($champ_{diff} = champ_A - champ_B$). C'est d'ailleurs le premier nuage (le nuage *A*) qui recevra un nouveau champ scalaire correspondant à la différence.

Remarques :

- 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.

2.2.22 Scalar Fields > Multiply

Cette fonction n'est pas encore intégrée à la version 2.1 de *CloudCompare*.

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

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

2.2.23 Scalar Fields > Convert to RGB

Assigne à chaque point une couleur à partir des valeurs scalaires courantes et des paramètres d'affichage courants.

Si l'entité possède déjà des couleurs, il est possible d'écraser la couleur existante ou de mixer les deux valeurs (*CloudCompare* pose la question à l'utilisateur si besoin).

2.2.24 Clone

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

2.2.25 Fuse

Fusionne deux (ou plus) entités sélectionnées.

Attention : les listes fusionnées sont supprimées à l'issue de cette opération

Toutes les caractéristiques des entités 3D sont conservées. Les listes ne possédant pas initialement telle ou telle caractéristique la gagneront, avec des éléments par défaut (normale nulle, couleur blanche, etc.).

2.2.26 Translate

Applique une translation à la/les entité(s) sélectionnée(s). L'utilisateur rentre les 3 composantes de la translation (*X*, *Y* et *Z*) via une interface.

2.2.27 Multiply

Multiplie les coordonnées des points de la/les entité(s) sélectionnée(s) par des constantes. L'utilisateur saisit les 3 coefficients multiplicateurs suivant chaque axe (f_X, f_Y, f_Z) via une boîte de dialogue.



FIGURE 2.14 – Boîte de dialogue pour la multiplication des coordonnées

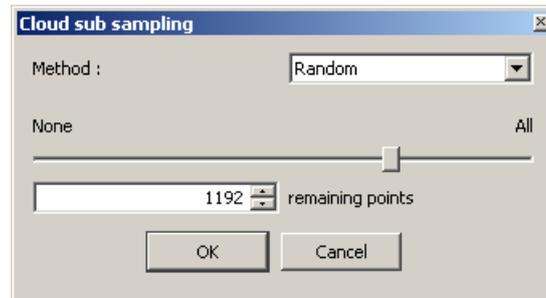


FIGURE 2.15 – Interface de paramétrage pour le sous-échantillonnage de nuages

2.2.28 Subsample

Fonction de sous-échantillonnage des points d'un nuage. Différentes méthodes sont actuellement disponibles. Le choix (ainsi que le paramétrage) se fait via la boîte de dialogue montrée sur la figure 2.15 :

- *Random* : sous-échantillonnage aléatoire (les points sont tirés au hasard)
- *Space* : sous-échantillonnage spatial (la densité locale du nuage résultant est à peu près constante et réglable)
- *Octree* : sous-échantillonnage rapide via l'octree (on garde un point par cellule de l'octree à un niveau donné de subdivision)

Remarques :

- Le sous-échantillonnage diffère du ré-échantillonnage (cf. section 2.2.8) dans le sens où il ne crée pas de nouveaux points mais se contente de sélectionner un sous-ensemble de points à partir du nuage source.
- La méthode de sous-échantillonnage rapide via l'octree (cf. section 2.2.8) choisit le point le plus proche du centre dans chaque cellule. Ainsi l'écart entre les points est à peu près constant (si le nuage initial est suffisamment dense).

2.2.29 Synchronize

Fonction permettant d'aligner deux entités sélectionnées : elle applique simplement une translation pour faire coïncider les centres de gravité des deux entités.

Remarques :

- Pour appeler cette fonction, il faut sélectionner deux entités, et uniquement deux.
- On retrouve l'interface générique de choix du rôle de chaque entité (section 2.3.4), qui permet à l'utilisateur de préciser quelle est l'entité qui sera déplacée et quelle est l'entité de référence.

2.3 Menu 'Tools'

2.3.1 Tools > Projection > Unroll

Cette fonction permet de *développer* sur un plan un nuage de point considéré comme étant porté par une forme de révolution (cylindre ou un cône). Voir figure 2.17.

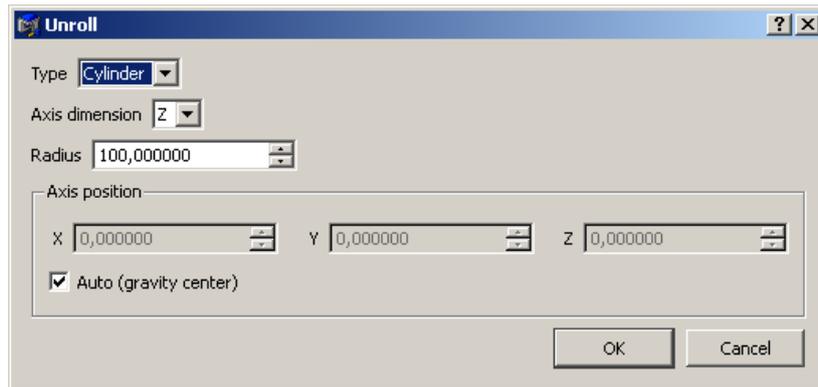


FIGURE 2.16 – Interface de paramétrage pour l'outil de *développement* d'un nuage

Il faut pour cela renseigner différents paramètres définissant la forme de révolution :

- le type (cylindre ou cône)
- la dimension selon laquelle est positionnée l'axe de développement (X, Y ou Z pour l'instant)
- un point par lequel passe cet axe (dans le cas où la checkbox *auto axis* est sélectionnée, ce point est automatiquement remplacé par le centre de gravité du nuage)
- le rayon du cylindre ou la base du cône
- et l'angle d'ouverture du cône le cas échéant

Attention, pour optimiser la mémoire, cette fonction applique la transformée directement sur l'entité sélectionnée ! Il peut être nécessaire d'utiliser avant l'outil de clonage - voir section 2.2.24.

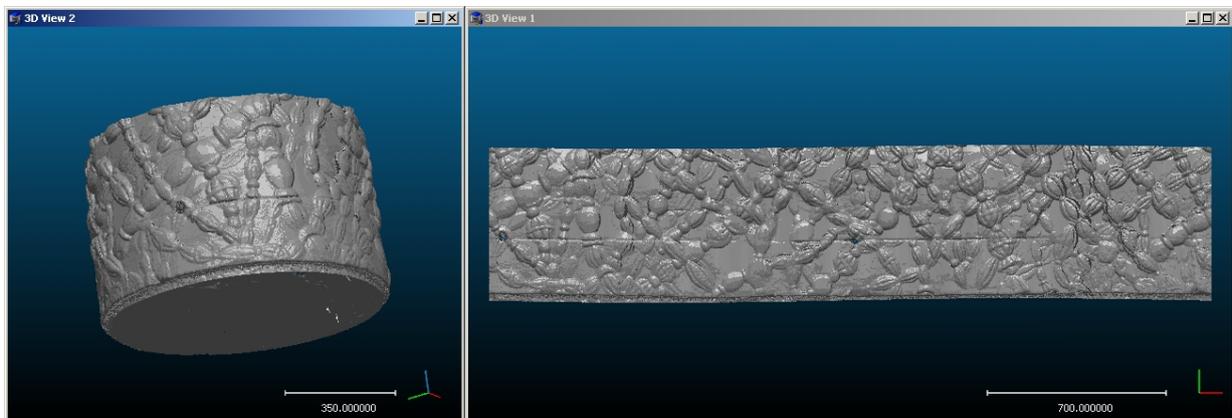


FIGURE 2.17 – Exemple de résultat : nuage de points cylindrique (à gauche), et sa développée (à droite)

2.3.2 Tools > Projection > Height Grid Generation

Cette fonction permet de projeter un nuage de point sur une grille régulière suivant l'axe Z.

Une interface (figure 2.18) permet de régler différents paramètres :

- *grid step* : le pas de la grille exprimé dans l'unité des coordonnées du nuage de points
- *type of projection* : ce paramètre peut prendre l'une des 2 valeurs suivantes :
 - *maximum height* : soit E_{ij} le sous-ensemble de points du nuage qui est projeté dans la case (i,j) de la grille. Pour chaque case (i,j) de la grille, on retient comme altitude Z celle du point le plus haut dans E_{ij} .

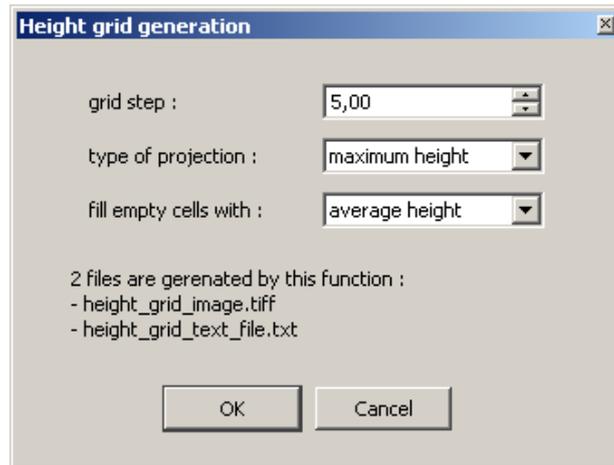


FIGURE 2.18 – Interface de paramétrage pour l'outil de projection d'un nuage sur une grille

- *average height* : pour chaque case (i,j) de la grille, on retient comme altitude Z l'altitude moyenne des points de E_{ij} .
- *fill empty cells with* : certaines cases de la grille régulière restent vides après projection (aucun point du nuage ne s'y projette). Ce paramètre indique avec quelle valeur l'on doit renseigner ces cases et peut prendre l'une des 3 valeurs suivantes :
 - *minimum height* : les cases vides sont renseignées avec l'altitude Z minimale parmi tous les points du nuage.
 - *average height* : les cases vides sont renseignées avec l'altitude Z moyenne de tous les points du nuage.
 - *maximum height* : les cases vides sont renseignées avec l'altitude Z maximale parmi tous les points du nuage.

Cette fonction génère deux fichiers (dans le répertoire du binaire de *CloudCompare* par défaut) :

- *height_grid_image.tiff* : l'image raster 2D codée sur 256 niveaux de gris correspondant aux altitudes Z des points projetés dans les cases de la grille ;
- *height_grid_text_file.txt* : les données de la grille sous un format ASCII (fichier exploitable simplement par un programme).

Voir figure 2.19 pour exemple de résultat produit par cette fonction.

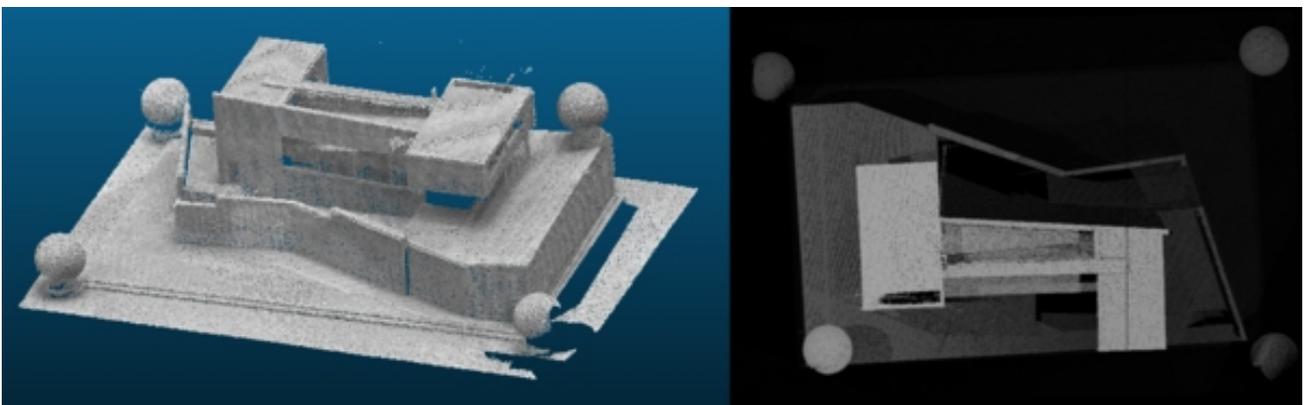


FIGURE 2.19 – Exemple de résultat : vue 3D à gauche, image 2D des hauteurs à droite

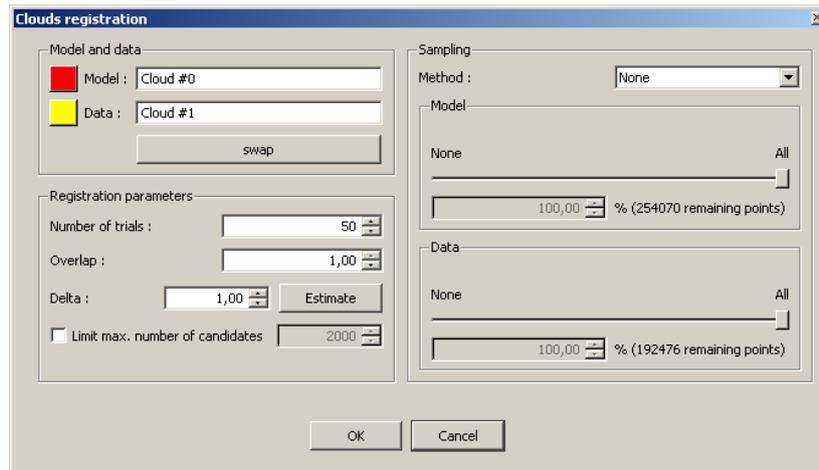


FIGURE 2.20 – Interface de paramétrage pour l'outil de recalage grossier de deux entités

2.3.3 Tools > Registration > Align

Cette fonction permet de recalibrer grossièrement deux nuages de points (algorithme "*4 points Congruent Sets For Robust Registration*" de Aiger, Mitra et Cohen-Or, Siggraph 2008).

Une première zone de saisie (en haut à gauche) permet d'indiquer les 2 nuages à recalibrer et leurs rôles respectifs (*Model and Data* : le *Model* est le nuage de référence (qui ne bouge pas) sur lequel viendra s'aligner (si possible) le nuage *Data* (qui sera donc déplacé si nécessaire). Comme le recalibrage calculé est un recalibrage rigide, seules des translations et des rotations peuvent être appliquées à l'ensemble du nuage *Data*. Plusieurs autres paramètres doivent être renseignés par l'utilisateur pour une utilisation optimale de cette méthode.

Sampling : cette zone concerne l'étape préalable de sous-échantillonnage des nuages de points. Cela permet d'améliorer sensiblement l'efficacité de l'algorithme. En effet, quelques dizaines de milliers de points suffisent généralement à obtenir un bon recalibrage, alors que la complexité de l'algorithme augmente rapidement en fonction du nombre de points. L'utilisateur devrait toujours chercher à minimiser le nombre de points pris en compte, quitte à relancer l'algorithme avec plus de points si besoin. Voici les paramètres du sous-échantillonnage :

- *Method* : méthode de sous-échantillonnage (voir section 2.2.28). Sélectionnez *None* pour ne pas sous-échantillonner
- *Model* : un slider et/ou un champ avec variateur permet de choisir le nombre de points conservé pour le nuage de référence
- *Data* : idem, un slider et/ou un champ avec variateur permet de choisir le nombre de points conservé pour le nuage recalibré

Registration parameters : cette zone correspond aux paramètres de l'algorithme de recalibrage en tant que tel. Nous expliquons en détail ces paramètres :

- *Number of trials* : l'algorithme procède par essais successifs et ne retient que celui ayant fourni le meilleur résultat. Ce champ permet de choisir le nombre d'essais à effectuer. Plus la valeur saisie est grande, plus le calcul sera long, mais plus la probabilité d'obtenir de bons résultats sera élevée. Il peut donc être nécessaire d'adapter ce paramètre en fonction du nombre de points composant les nuages pour obtenir un bon alignement dans un temps raisonnable. Pour donner un ordre d'idée, une cinquantaine d'essais pour recalibrer deux nuages de 5000 points chacun permet d'obtenir un résultat convenable en quelques minutes (de l'ordre de 2 à 5 minutes, tout dépend de l'ordinateur sur lequel le programme s'exécute).
- *Overlap* : ce paramètre, compris entre 0.0 et 1.0, correspond à une estimation du taux de recouvrement entre les deux nuages lorsqu'ils sont correctement alignés. Un taux de recouvrement de 1 signifie que les deux nuages se recouvrent quasiment entièrement, 0 signifiant que les nuages sont disjoints (dans ce cas, le recalibrage n'a pas beaucoup de sens). Une estimation très approximative du recouvrement est en général suffisante, il ne s'agit en aucun cas de renseigner avec précision la valeur effective.
- *Delta* : ce paramètre correspond à une estimation de la distance moyenne entre les points des deux nuages

lorsqu'ils sont correctement alignés. Ce paramètre agit comme une tolérance à l'erreur : plus il est proche de 0.0, plus on contraint les nuages à être proches, mais plus la probabilité de trouver une bonne solution est faible. En principe, si *Delta* vaut zéro, le programme ne pourra pas trouver d'alignement entre les deux nuages. En règle générale, pour obtenir de bons résultats, *Delta* doit correspondre à la résolution (inverse de la densité) du nuage de référence. L'interface propose un bouton *Estimate* qui permet d'estimer de manière automatique ce paramètre en se basant sur un calcul de la densité moyenne du nuage de référence.

- *Limit max. number of candidates* : lorsque ce champ est activé (pour cela, cocher la case qui y est associé), il est possible de fixer le nombre maximal de candidats que le programme est autorisé à traiter pour chaque essai. En effet, lors d'un essai, le processus recherche dans le nuage servant de données des ensembles de points pouvant mener à un bon recalage. Ces ensembles sont calculés en fonction des paramètres cités précédemment, et le programme peut être amené à trouver un nombre énorme de candidats (quelques centaines de milliers d'ensembles). Ce paramètre permet de ne sélectionner parmi ces candidats que ceux qui sont considérés comme étant les meilleurs, et donc de raccourcir considérablement le temps de traitement de chaque essai. En contrepartie, on se prive potentiellement de trouver le meilleur recalage à cause de l'heuristique utilisée pour retenir les meilleurs candidats. Lorsque ce champ est désactivé, le nombre maximal de candidats est illimité, ce qui peut conduire à de très grands temps de calcul.

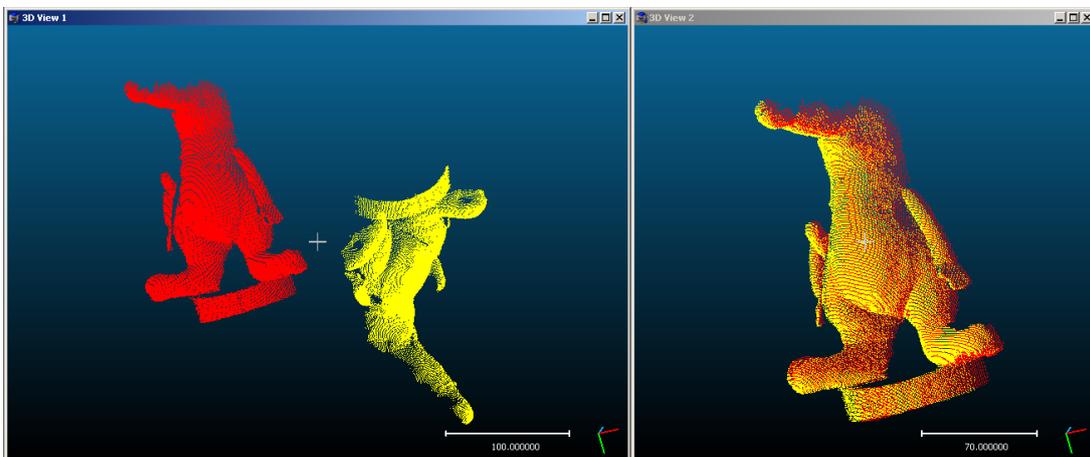


FIGURE 2.21 – Alignement de deux nuages se recouvrant partiellement. A gauche la configuration initiale, à droite le résultat du recalage avec un recouvrement estimé à 90% ($\text{overlap} = 0,9$) et une vingtaine d'essais.

Les paramètres *Delta* et *Overlap* nécessitent donc que l'utilisateur ait une idée a priori de ce que seront les nuages après avoir été alignés.

La figure 2.21 présente le résultat obtenu en alignant deux scans d'une peluche relevés sous deux angles sensiblement différents. En théorie, la fonction *Align* est capable de traiter des nuages avec des taux de recouvrement beaucoup plus faibles que ceux présentés en exemple.

Les alignements calculés via cette fonctionnalité dépendent grandement de la configuration des nuages à traiter. En effet, leur géométrie ainsi que le degré de ressemblance les rendent plus ou moins facilement comparables. De ce fait, il se peut que les résultats fournis dans certains cas semblent relativement mauvais. Dans ces situations, vous pouvez alors utiliser la fonction de recalage fin décrite en section 2.3.4. Il est même conseillé, de manière générale, d'avoir recours au recalage fin après utilisation de cette fonctionnalité.

Cette fonction crée une copie du nuage *Data* aligné sur le nuage *Model*. Il n'est donc pas nécessaire de cloner les nuages avant, puisqu'ils ne sont pas modifiés directement.

2.3.4 Tools > Registration > Register

Cette fonction permet de recalculer deux nuages de points (algorithme "*Iterative Closest Point*" de Besl et McKay, IEEE Trans. PAMI 1992).

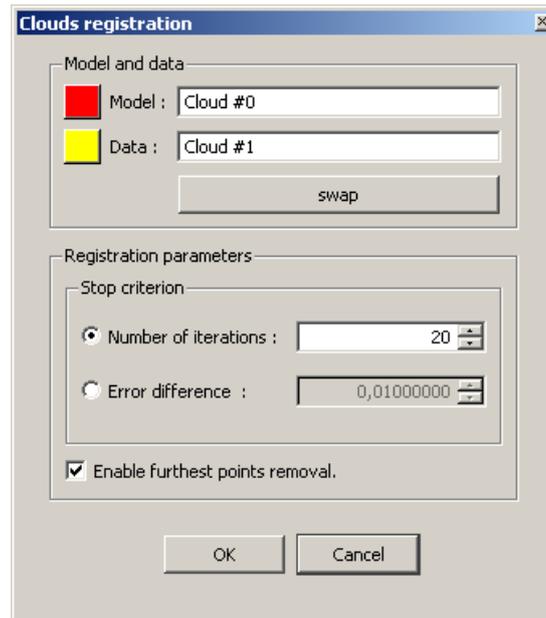


FIGURE 2.22 – Interface de paramétrage pour l’outil de recalage de deux entités

Attention : pour que ce recalage fonctionne, il est nécessaire que les deux nuages soient à peu près alignés.

Cette fonction ne permet en aucun cas d’aligner des nuages positionnés et orientés de manière quelconque. Son rôle est essentiellement d’affiner le recalage des nuages de points dont on estime qu’ils sont grossièrement alignés. La fonction *Align* décrite en section 2.3.3 permet de faire en sorte que les nuages soient approximativement alignés et la fonction *Register* peut être utilisée sur les deux nuages résultant de cette fonction *Align*.

La zone supérieure (*Model and Data*) de la fenêtre de paramétrage permet à l’utilisateur d’attribuer interactivement le rôle de chaque entité. Le *Model* est le nuage de référence (qui ne bouge pas) et *Data* désigne le nuage à recaler (il pourra bouger si nécessaire). Pour aider l’utilisateur, *CloudCompare* force la coloration des entités et leur affichage (*model* en rouge et *data* en jaune) selon le même principe que l’interface de choix des rôles avant un calcul de distances (voir paragraphe ci-dessous). Un bouton permet d’invertir ces rôles si besoin (*swap*).

La partie inférieure (*Registration parameters*) correspond aux paramètres de l’algorithme de recalage en tant que tel. Voici leur détail :

- *Stop criterion* : l’utilisateur choisit soit un nombre d’itérations fixe (ceci permet d’éviter un temps de calcul trop long, mais ne garantit pas la qualité du recalage) ou au contraire une diminution de l’erreur minimale entre deux itérations pour justifier d’autres itérations : autrement, l’algorithme s’arrête, estimant que le gain en précision est insuffisant (ce qui garantit une meilleure qualité mais peut prendre potentiellement beaucoup de temps).
- *Enable furthest point removal* : heuristique adaptée au recalage d’entités légèrement différentes (puisque *CloudCompare* est justement fait pour comparer des nuages potentiellement différents, alors que l’algorithme est pensé pour recaler des nuages représentant les mêmes objets !). Cet heuristique consiste à écarter les points trop éloignés à chaque itération du recalage (et ce de plus en plus), pour éviter que les différences entre les nuages ne fassent trop glisser la position finale du nuage recalé).

Donc cette option ne doit pas être cochée si les deux nuages représentent les mêmes objets.

Choix des rôles (interface générique)

Cette interface générique (figure 2.23) est utilisée par toutes les méthodes de calcul de distance, ainsi qu’un certain nombre d’autres méthodes (qui l’utilisent comme telle ou sous une forme équivalente). Elle permet à l’utilisateur d’attribuer interactivement un rôle spécifique à deux entités qui ont été sélectionnées en même temps. *CloudCom-*

pare force la coloration des entités en fonction du rôle qui leur a été affecté. Dans le cas des distances par exemple, le nuage de référence est représenté en jaune et le nuage à comparer (celui qui portera le champ scalaire après calcul), en rouge. Un bouton *swap* permet d'intervertir le rôle (et donc la coloration) des deux entités.

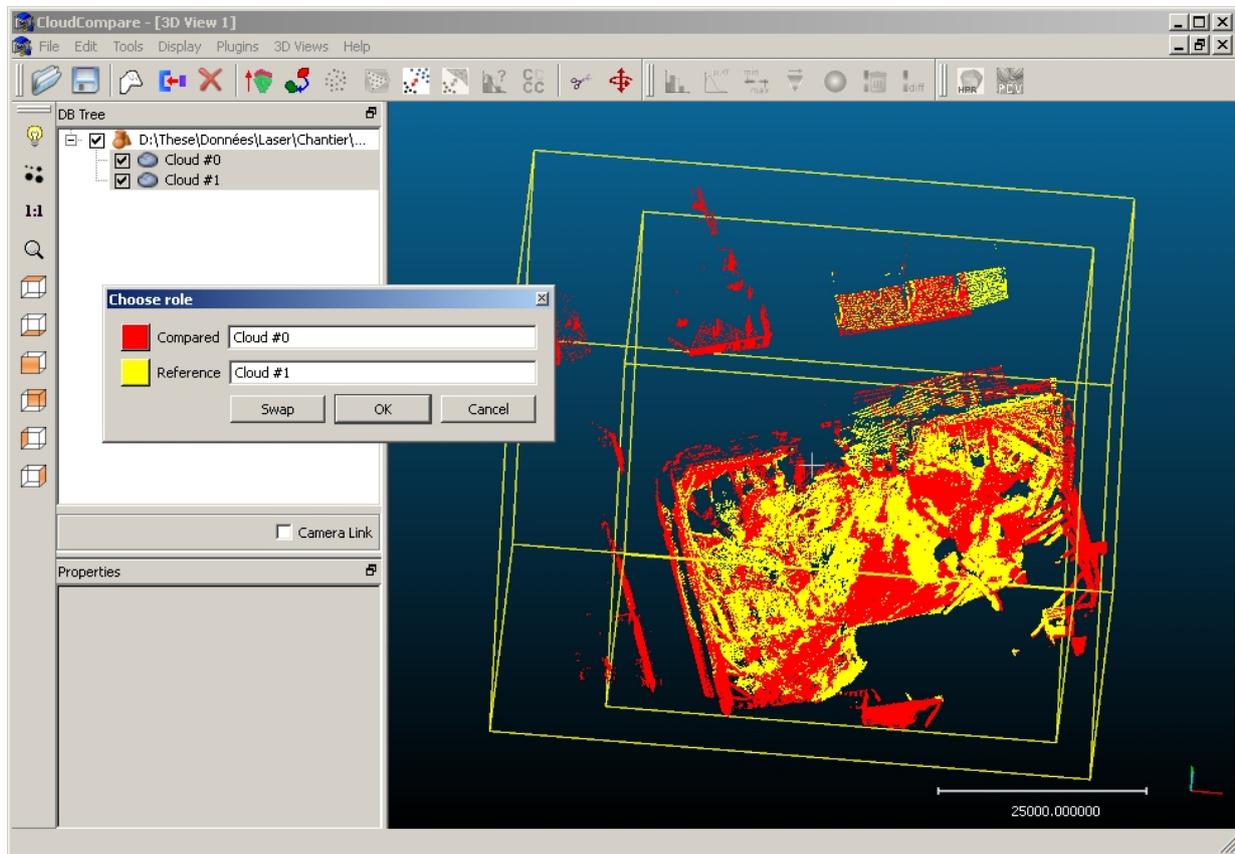


FIGURE 2.23 – Interface standard de choix des rôles des entités

2.3.5 Tools > Distances > Cloud/Cloud dist.

Cette fonction permet de calculer les distances (approximatives ou exactes) entre deux nuages de points.

Lors de l'appel de cette fonction, et après avoir choisi le rôle de chaque nuage (Cf. section 2.3.4), un premier calcul de distances approximatives entre les deux nuages (distances de Chanfrein, calculées via l'octree) est effectué de manière automatique. Cela permet d'afficher dans la partie supérieure de l'interface 2.24 (*Approx. results*) diverses informations sur les distances qui peuvent alors être calculées précisément.

Ces informations sont :

- *Min. dist.* : distance (approximative) minimale
- *Max. dist.* : distance (approximative) maximale
- *Mean. dist.* : distance (approximative) moyenne
- *Sigma* : écart type
- *Max relative error* : erreur relative maximale de l'approximation (exprimée sous forme d'une fonction de d - la distance, car cette erreur est dépendante de la distance réelle des points, et généralement décroît rapidement quand d croît, ce qui veut dire que l'approximation de la distance minimale est généralement très mauvaise, mais celle de la distance maximale peut-être assez fiable).

L'utilisateur peut enfin afficher l'histogramme des distances approximatives calculées (en appuyant sur l'icone

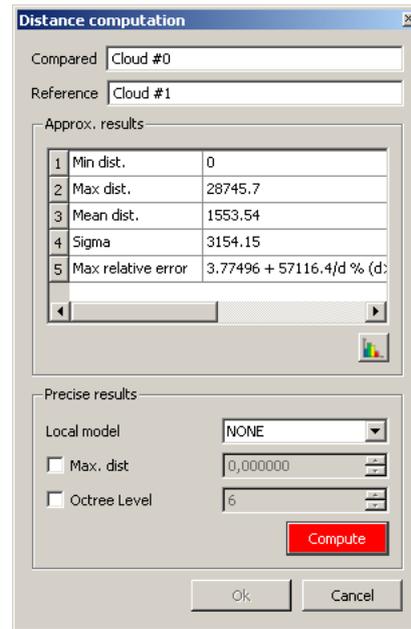


FIGURE 2.24 – Interface de paramétrage pour le calcul de distances entre deux nuages de points

() , mais celui-ci est généralement assez peu détaillé étant donné le principe du calcul des distances de Chanfrein via l'octree.

La partie inférieure (*Precise results*) permet le paramétrage du calcul précis des distances. L'utilisateur peut saisir les valeurs suivantes :

- *Local model* : indique quelle une modélisation locale sera appliquée au nuage de référence pour améliorer la précision du calcul de distance nuage à nuage (dans une certaine mesure). Cette technique permet une amélioration de la précision globale (et non forcément locale). Cette amélioration dépend du modèle choisi, et se fait au prix d'un certain ralentissement de la fonction (qui dépend lui aussi du modèle choisi) :
 - NONE : pas de modélisation locale (comportement par défaut), on calcule la distance au point le plus proche.
 - Least Square Plane : approximation locale du nuage par un plan (ajusté aux moindres carrés) - peu précis mais rapide.
 - $2D\frac{1}{2}$ triangulation : approximation locale du nuage par une triangulation de Delaunay $2D\frac{1}{2}$ (après projection des points sur un plan ajusté aux moindres carrés) - vitesse et précision intermédiaires.
 - Height Function : approximation locale du nuage par une fonction de hauteur du type $z = ax + by + cx^2 + dy^2 + exy$ (là encore, après projection des points sur un plan ajusté aux moindres carrés) - meilleure précision mais vitesse réduite.
- *Max. dist* : permet à l'utilisateur de définir une distance au delà de laquelle il n'est pas nécessaire de calculer une distance précise. Cela permet d'améliorer fortement les performances du calcul, en particulier sur des nuages ayant peu de zones communes (en évitant ainsi de calculer des distances éloignées - les plus coûteuses - alors que leur connaissance précise est généralement inutile). *Les points concernés conservent alors leur distance approximative. Les informations affichées dans la partie supérieure peuvent grandement aider à fixer cette valeur limite.*
- *Octree level* : ce paramètre de l'algorithme est normalement adapté au mieux par *CloudCompare*, mais il est possible de le forcer au cas où l'heuristique de détermination est défaillante.

Remarques :

- Cette fonction rajoute un champ scalaire *C2C Distances* au nuage de référence.
- **Pour calculer les distance précises il est nécessaire d'appuyer sur le bouton rouge *Compute*.** Autrement, seules les distances approximatives sont conservées.
- Toutes les distances calculées par cette fonction ou rentrées en paramètre sont exprimées dans la même unité

que les coordonnées du nuage de points (il n'y a plus d'unité explicite dans *CloudCompare 2.1*).

2.3.6 Tools > Distances > Cloud/Mesh dist.

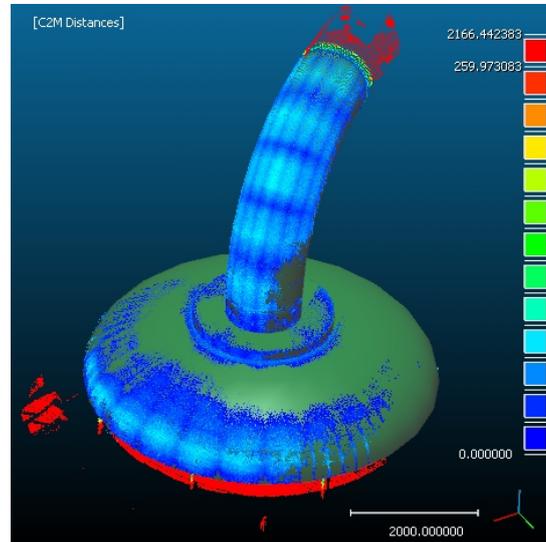


FIGURE 2.25 – Exemple de résultat de calcul de distances entre un nuage et un maillage

Cette fonction permet de calculer les distances (approximatives ou exactes) entre un nuage de points et un maillage.

Cette fonction est largement équivalente au calcul de distances entre nuages (section 2.3.5) mis à part quelques détails :

- si une seule des deux entités sélectionnées est un maillage, le choix des rôles (section 2.3.4) n'est pas nécessaire (le maillage est forcément l'entité de référence).
- si les deux entités sélectionnées sont des maillages, les sommets de l'entité *comparée* seront utilisés en guise de *nuage*. Il peut être intéressant d'utiliser la fonction d'échantillonnage de points sur un maillage (Cf. section 2.2.10) préalablement, pour avoir une meilleure vision des différences entre maillages (si cela est le résultat escompté).
- cette fonction rajoute un champ scalaire *C2M Distances* au nuage de référence (nuage comparé).
- le choix d'une modélisation locale (*Local model*) n'est pas possible puisque l'entité de référence est ici un maillage.

2.3.7 Tools > Distances > Closest Point Set

Cette fonction calcule pour chaque point du nuage *de référence*, le point le plus proche dans le nuage *comparé*. L'ensemble de ces "points les plus proches" forme un nouveau nuage (*Closest Point Set* ou CPS).

Remarques

- Pour appeler cette fonction, il faut sélectionner exactement deux nuages de points.
- On retrouve l'interface générique de choix du rôle de chaque liste (Cf. section 2.3.4, qui permet à l'utilisateur de préciser quel est le nuage d'où sont extraits les points du CPS (nuage *comparé*) et quel est le nuage de référence.
- Le résultat est un nuage qui a exactement le même nombre de points que le nuage de référence, et dont chaque point appartient au nuage *comparé* (par définition). Par construction, il peut y avoir des doublons. C'est un résultat qui est utilisé, par exemple, par l'algorithme de recalage entre deux nuages de points (Cf. section 2.3.4).

2.3.8 Tools > Statistics > Compute stat. params

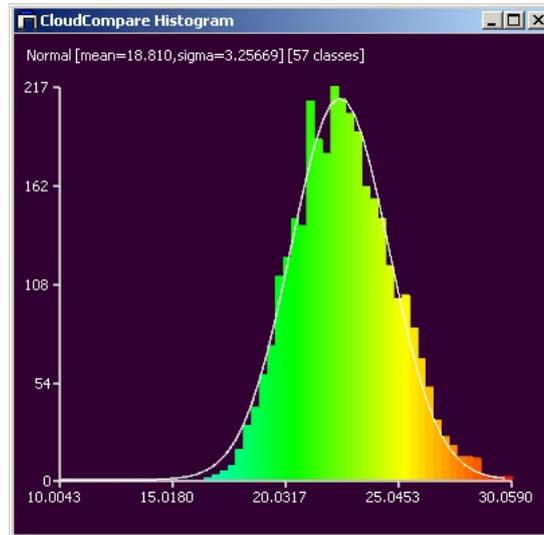


FIGURE 2.26 – Exemple d’estimation automatique des paramètres d’une loi normale pour un champ scalaire

Cette fonction calcule les paramètres de la loi statistique choisie (Gauss ou Weibull) à partir des valeurs du champ scalaire actif du nuage sélectionné. La fonction renvoie typiquement la moyenne et l’écart-type du champ scalaire courant si la loi est Normale, ou les paramètres (a, b) si c’est une loi de Weibull (auquel cas *CloudCompare* affiche aussi des estimations de la moyenne et de l’écart-type dans la console - voir section 1.1).

La méthode représente graphiquement 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 2.26). Les valeurs des paramètres de la loi sont affichées en haut de la fenêtre. *CloudCompare* renvoie enfin, via la console, la distance du χ^2 entre la distribution estimée et les valeurs du champ scalaire.

Remarque : les paramètres de la loi ainsi estimés pourront typiquement être utilisés dans la fonction de test statistique local (voir section 2.3.9), qui permet de filtrer un nuage de point dont on a calculé les distances par rapport à un nuage (ou un maillage) de référence.

2.3.9 Tools > Statistics > Statistical test

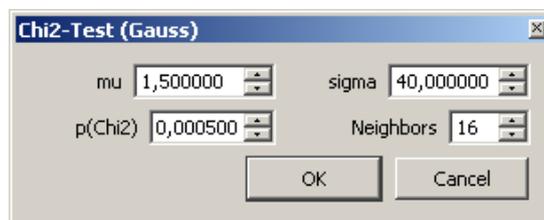


FIGURE 2.27 – Exemple d’estimation automatique des paramètres d’une loi normale pour un champ scalaire

Cette fonction, centrale dans *CloudCompare*, 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 distance (à l'autre nuage/maillage) 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 distance 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 2.28, en rouge) et les segmenter par exemple en fonction de la proximité relative des points (par une extraction des composantes connexes - Cf. section 2.3.10).

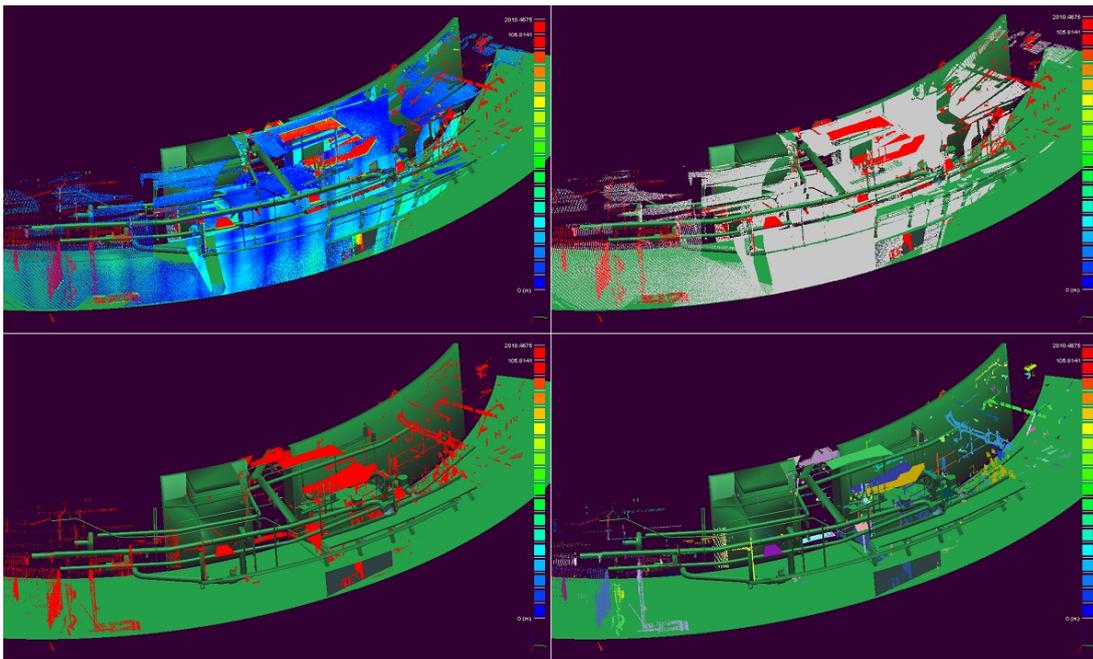


FIGURE 2.28 – Champ des écarts initial (en haut à gauche), filtrage statistique (en haut à droite), puis extraction des points *hors distribution théorique* (en bas à gauche) et enfin extraction des composantes connexes (en bas à droite).

Remarques :

- Pour appeler cette fonction, il faut sélectionner une seule entité 3D, munie d'un champ scalaire actif.
- 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*).
- **Inversement, plus $p(\chi^2)$ est grand, plus on aura de points "hors la loi", colorés en rouge.** Notez que ce paramètre sert uniquement à pré-positionner les potentiomètres de réglage des couleurs (seuils de coupure et de saturation des valeurs du champ scalaire) pour l'affichage du résultat à l'écran (Cf. section 1.4.2.2). Ces potentiomètres peuvent être ensuite déplacés par l'utilisateur avant extraction effective des points (par appel de la fonction *Scalar Fields > Filter by Value*, 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 manoeuvre 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 l'erreur de mesure due au capteur, à la surface scannée, à la lumière, à la température ambiante lors de la mesure, 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 a priori mais peuvent 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 2.3.8).

- L'algorithme crée un nouveau champ scalaire nommé (*Chi2 Distances*). Ce champ est ajouté au nuage de points courant.

2.3.10 Tools > Segmentation > Label Connected Components



FIGURE 2.29 – Interface de paramétrage de la méthode d'extraction des composantes connexes

Cette fonction permet de décomposer un nuage de points en sous-nuages compacts. Si le nuage sélectionné est composé de plusieurs groupes de points suffisamment dissociés (distants) les uns 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 été étendu ici à une grille 3D binaire. Cette fonction produit en sortie une entité par sous-nuage de points (regroupées dans un nouveau groupe d'entité au niveau de l'arbre de navigation de *CloudCompare*). La figure 2.28 en bas à droite est une bonne illustration de son utilité.

L'utilisateur choisit principalement le niveau d'octree auquel l'algorithme sera appliqué (*Octree Level*). Celui-ci va en fait définir grossièrement le seuil de distance au-delà duquel les groupes de points (les *composantes connexes*) seront considérés comme non connexes. Plus le niveau d'octree est grand, plus le seuil de distance est faible, plus on extraira de sous-groupes (ce qui n'est pas forcément souhaitable).

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

Enfin, l'option *random colors* permet de dire à *CloudCompare* de générer des couleurs au hasard pour chaque nouveau nuage.

Remarques :

- Plus le niveau d'octree est grand et plus la mémoire nécessaire (la RAM) est importante. Le niveau d'octree est donc un paramètre sensible qu'il est difficile de régler a priori, sans expérience. Une approche par niveaux successifs peut donc être nécessaire (en commençant typiquement au niveau 7). On peut aussi afficher l'octree (représentation *Wire* ou *Cubes*, Cf. section 1.4.6) pour estimer visuellement les tailles des cellules aux différents niveaux.
- Pour appeler cette fonction, il faut sélectionner une seule entité 3D.

2.3.11 Tools > Segmentation > K-Means

Cette fonction n'est pas encore intégrée à la version 2.1 de *CloudCompare*.

2.3.12 Tools > Segmentation > Front propagation

Cette fonction n'est pas encore intégrée à la version 2.1 de *CloudCompare*.

2.4 Menu 'Display'

2.4.1 Display > Full Screen

Cette fonction permet d'afficher la fenêtre principale de *CloudCompare* en plein écran. Dans ce mode, la totalité de l'écran est occupé par l'application. La barre de titre de *CloudCompare* ainsi que la barre de tâche de Windows ne sont plus accessibles, ce qui améliore le confort visuel mais empêche les manipulations habituelles sur les fenêtres (déplacement, réduction, changement de fenêtre active, ...).

Pour repasser en affichage normal, il suffit de cliquer une nouvelle fois sur la commande *Full screen*, ou d'utiliser la touche de raccourci associée (F11).

Note : il est tout de même possible de changer de fenêtre active, même en affichage plein écran, en maintenant la touche ALT enfoncée, puis en pressant la touche TAB de manière à faire défiler le sélecteur (cf. figure 2.30) jusqu'à l'application souhaitée. Lorsque la touche ALT est relâchée, Windows active la fenêtre de l'application ainsi sélectionnée. Cette commande est utilisable pour toute application.



FIGURE 2.30 – Sélecteur d'application sous Windows

Raccourci clavier : F11

2.4.2 Display > Refresh

La commande Refresh permet d'actualiser l'affichage dans les contextes graphiques.

Raccourci clavier : F5

2.4.3 Display > Test Frame Rate

Cette fonction permet d'estimer le taux de rafraîchissement de l'affichage dans *CloudCompare*. Cette valeur, exprimée en images par secondes (FPS : Frame Per Second), correspond à la fréquence à laquelle l'application actualise l'affichage.

Le test doit durer une dizaine de secondes, et se caractérise par une rotation autour des objets visibles dans le contexte graphique actif. Une fois le test terminé, le résultat est affiché dans la zone d'information du contexte graphique.

Note : ce taux dépend directement du nombre de triangles et de points à afficher. Pour des raisons de confort visuel (cf. section 1.3.4), il est préférable de faire en sorte que le taux de rafraîchissement soit de l'ordre de 25 FPS ou plus.

Raccourci clavier : F12

2.4.4 Display > Toggle Centered Perspective

Dans le processus d'affichage, la projection définit la manière dont les objets 3D sont dessinés à l'écran de visualisation 2D. L'affichage de *CloudCompare* propose deux types de projections :

- parallèle orthographique : les points sont projetés orthogonalement sur le plan image. Le champ de vision correspond à un cylindre.
- perspective : les points sont projetés vers un unique point n'appartenant pas au plan image. Le champ de vision correspond à un cône.

Le plan image peut être assimilé à l'écran de visualisation.

Dans *CloudCompare*, la commande *Toggle Centered Perspective* permet de basculer entre l'affichage par projection orthographique, qui est le mode d'affichage par défaut, et l'affichage par projection perspective. Lorsque cette commande est activée, le centre de rotation du point de vue est automatiquement placé sur le centre de la scène observée. Lors des phases interactives (mouvement de souris dans un contexte graphique - cf. section 1.3.3), la caméra tournera donc autour des objets de la scène.

Si elle est sollicitée une seconde fois, cette commande rétablit l'affichage suivant une projection orthographique.

Raccourci clavier : F3

2.4.5 Display > Toggle Viewer Based Perspective

Cette commande intervient sur l'affichage interactif dans les contextes graphiques en permettant de basculer entre le point de vue centré sur la caméra et le point de vue centré sur la scène.

Un premier appel à cette commande permet de positionner le centre de rotation du point de vue sur la caméra elle-même. Ce mode est associé à une projection perspective (cf. section 2.4.4). Lors des phases interactives (mouvement de souris dans un contexte graphique - cf. section 1.3.3), la caméra tournera donc sur elle-même, en conservant sa position.

Si elle est sollicitée une seconde fois, cette commande rétablit l'affichage par défaut centré sur la scène et basé sur la projection orthographique.

Raccourci clavier : F4

2.4.6 Display > Render to File

Effectue une capture d'écran du contexte actif dans un fichier BMP. Cette fonction offre la possibilité d'appliquer un facteur de zoom au moment de la capture, via la fenêtre présentée en figure 2.31.

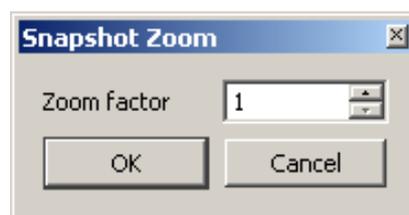


FIGURE 2.31 – Fenêtre de zoom pour la capture du contexte graphique courant

2.4.7 Display > Light and Materials > Set Light and Materials

Cette fonction permet de régler les paramètres d'éclairage dans *CloudCompare*, via l'interface visible en figure 2.32. On y distingue 3 parties :

La premier cadre (*Light*) est dédié au paramétrage de la source lumineuse. L'utilisateur a la possibilité de définir une couleur pour chacune des trois composantes de la lumière (ambiante, diffuse et spéculaire) :

- La composante ambiante (*Ambient*) est la lumière constante, dans laquelle la scène baigne : de nuit par exemple, la composante ambiante est noire (aucune lumière ambiante).

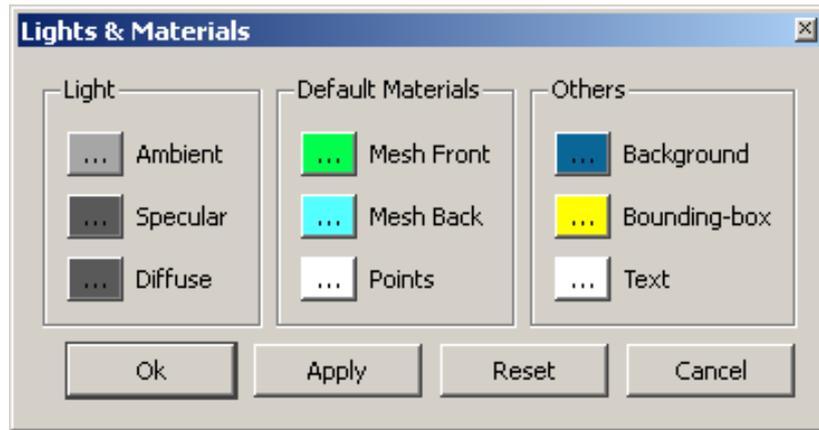


FIGURE 2.32 – Interface de paramétrage de l'éclairage

- La composante diffuse (*Diffuse*) définit la couleur réfléchiée par les objets indépendamment de la position de la caméra.
- Pour finir, la composante spéculaire (*Specular*) définit la couleur ré-émise par les objets en direction de la caméra : plus cette composante est lumineuse, plus les objets semblent brillants (au contraire plus elle est sombre, plus les objets semblent mats).

Le second cadre (*Default materials*) permet de paramétrer les couleurs appliquées par défaut aux maillages ou nuages de points. Dans le cas des maillages, l'utilisateur a la possibilité de définir une couleur indépendante pour chaque côté de la surface (*Mesh front / Mesh back*). Le bouton *Points* permet de définir la couleur des points dans les nuages, au même titre que la commande présentée en section 2.2.1.

Le dernier cadre (*Others*) propose de modifier quelques dernières options d'affichage plus générales. *Background* permet de régler la couleur de fond des contextes graphiques. Le fond apparaîtra toujours sous forme d'un dégradé allant de la couleur paramétrée vers le noir. *Bounding-box* permet de changer la couleur de la boîte englobante apparaissant autour des objets sélectionnés. Pour finir, *Text* permet de paramétrer la couleur du texte affiché dans les contextes graphiques.

Chacun des boutons décrits précédemment permet de saisir une couleur pour le paramètre qui lui est associé, via l'interface de sélection des couleurs présentée en section 2.2.1.

Les boutons en bas de la fenêtre permettent d'appliquer les paramètres (*Ok* et *Apply*), de réaffecter les valeurs par défaut à tous les paramètres (*Reset*), ou de quitter l'interface sans prendre en compte les modifications (*Cancel*).

2.4.8 Display > Light and Materials > Toggle sun light

Permet d'activer ou désactiver la source lumineuse principale. Il est nécessaire qu'au moins une source lumineuse soit active pour que les effets d'éclairage soient visibles (ombrage, couleur, ...).

Raccourci clavier : F6

2.4.9 Display > Light and Materials > Toggle custom light

Permet d'activer ou désactiver la source lumineuse personnalisée.

Cette source lumineuse est, contrairement à la source principale ("sun light" - Cf. section 2.4.8), une source ponctuelle. Elle apparaît d'ailleurs sous forme d'une petite étoile jaune autour de l'objet (voir remarques ci-dessous). Elle a par contre les mêmes caractéristiques que la source principale.

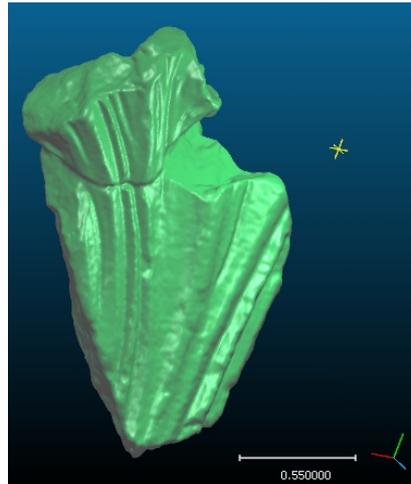


FIGURE 2.33 – Source lumineuse secondaire (*custom light*)

Il est possible de la déplacer en maintenant enfoncé la touche CTRL tout en faisant un "PAN" avec la souris (bouton droit enfoncé).

Remarques :

- **Raccourci clavier : F7**
- L'étoile n'apparaît qu'avec la projection orthographique (voir section 2.4.4 ou 2.4.5).
- L'étoile peut être parfois positionnée initialement à l'intérieur de l'objet !

2.4.10 Display > Console

Cette commande permet d'afficher ou de masquer la console visible par défaut dans la partie inférieure de la fenêtre principale de *CloudCompare* (cf. section 1.1).

2.5 Menu 'Plugins'

Les plugins sont des extensions proposant des fonctionnalités avancées, mais qui ne sont pas intégrées directement dans le noyau de *CloudCompare*. Ils correspondent à des fichiers ".dll" (sous un OS windows) qui sont des bibliothèques dynamiques.) L'application peut parfaitement fonctionner sans ces fonctions, dont le domaine d'application sera typiquement éloigné du cœur de métier de *CloudCompare*.

À son lancement, *CloudCompare* recherche les plugins disponibles dans un certain nombre de répertoires prédéfinis, et seuls les fichiers .dll (sous Windows) trouvés sont chargés et rendus disponibles dans l'interface de l'application. Ce manuel présente les plugins disponibles avec la version officielle de *CloudCompare*.

Il est toutefois possible donc que, pour une raison ou une autre, vous ne possédiez pas ces plugins dans votre installation, ce qui encore une fois n'entrave en rien le bon fonctionnement de *CloudCompare*.

2.5.1 Plugins > PCV

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" (P.C.V. - voir figure 2.36).

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 si le nuage était éclairé uniformément. Ceci permet de colorier les points en fonction de leur profondeur relative et fait très bien ressortir le relief et la micro-géométrie. En pratique le calcul est effectué avec un algorithme équivalent à *ShadeVis* (proposé initialement par Cignoni et al. du VCG).

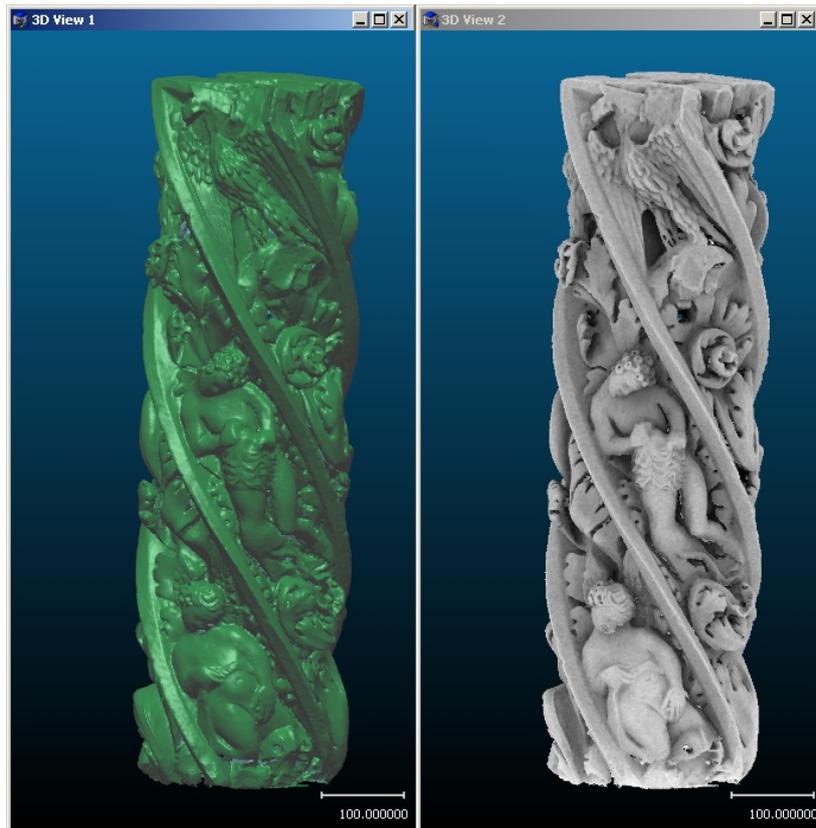


FIGURE 2.34 – Rendu classique avec normales (gauche) et rendu "PCV" (droite)

Les deux principaux paramètres de l'algorithme, modifiables via la boîte de dialogue associée à la fonction (figure 2.35), sont :

- le nombre de « rayons » lumineux. Pour chaque direction d'éclairage (rayon), l'algorithme projette, via la carte graphique, les entités selon cette direction et calcule la visibilité des points (ou des sommets d'un maillage). Cette information est accumulée pour chaque direction et permet de calculer l'éclairage global. Plus le nombre de rayons est grand, et plus la dynamique est importante et les différences d'éclairage entre deux points fines. Par contre, le temps de calcul est proportionnel au nombre de rayon.
- la résolution du buffer de rendu. La projection des entités selon une direction se fait dans un buffer vidéo dont la résolution va jouer sur le pouvoir de séparation entre points. Plus la résolution est forte, et mieux les points seront dissociés (d'où un meilleur calcul de leur éclairage propre et une meilleure finesse du résultat). Par contre, si la résolution est trop grande, outre un temps de calcul et une consommation mémoire plus importants (cela dépend des performances de la carte graphique), il faut aussi se méfier du fait que le nuage peut devenir "poreux" et laisser passer la lumière (voir remarque ci-dessous). Dans le cas d'un maillage ceci ne pose pas problème. Les cartes graphiques actuelles assurent des performances très intéressantes dans l'absolu, il ne faut donc pas hésiter à utiliser des valeurs importantes pour ces paramètres (telles que les valeurs par défaut).

Remarques :

- L'algorithme crée un nouveau type de champ scalaire (« PCV ») et la rampe de couleur « Gray » (niveaux de gris) est automatiquement activée.
- **La lumière simulée par l'algorithme PCV est considérée comme provenant de l'hémisphère des Z positifs. Z correspondant à la direction verticale, le nuage de points doit donc être orienté en conséquence avant tout calcul.** Si la checkbox "360" mode" est cochée, la lumière vient du globe complet et la direction ne joue plus.
- 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 (voir sections 2.2.12 et 2.2.13). Une fois les paramètres correc-

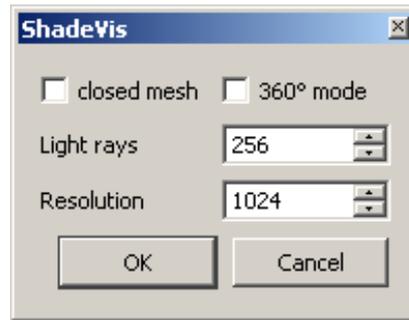


FIGURE 2.35 – Interface de paramétrage de PCV

tement réglés, on peut transformer le champ scalaire en *couleurs* avec la fonction « Scalar Fields > Convert to RGB » (section 2.2.23).

- L'éclairage provenant du ciel est représenté de manière discrète 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 rayons 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, sinon des « trous » peuvent apparaître entre les points lors du rendu interne : ceci est simplement dû 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.

2.5.2 Plugins > HPR

La fonction **Hidden Points Removal** tente, comme son nom l'indique, de filtrer le nuage de points sélectionné de sorte à ne conserver que les points *visibles* (correspondant à la surface implicite effectivement visible depuis le point de vue courant). Les points considérés comme étant masqués sont alors cachés. Le résultat dépend donc fortement du point de vue.

La notion de visibilité pour les points d'un nuage est relativement complexe à estimer. En effet il est très peu probable qu'un point soit réellement masqué par d'autres points dans un nuage, puisque cela nécessiterait un alignement parfait entre paires de points ou une densité du nuage telle que les points soient quasiment en contact. Cette fonction approxime donc la notion de visibilité via un calcul d'enveloppe convexe. Elle se base sur l'article *Direct Visibility of Point Sets* de Katz, Tal et Basri, SIGGRAPH 2007.

Pour calculer les occlusions par HPR, il est nécessaire que le contexte graphique du nuage soit en projection perspective (cf. section 2.4.4). Si ce n'est pas le cas, un message d'erreur prévient l'utilisateur lui demandant d'activer la projection perspective. L'utilisateur doit ensuite choisir le niveau d'octree utilisé par la fonction (figure 2.37). Le niveau d'octree permet d'accélérer le calcul de l'enveloppe convexe (structure assez lourde) en réduisant le nombre de points utilisés (par sous-échantillonnage). Plus le niveau est élevé, et plus le calcul d'occlusion sera fin, mais plus le traitement sera long.

Une fois le filtrage effectué, celui-ci n'est valide que pour la position de caméra courante (et des positions très proches dans une certaine mesure). Il faut relancer l'outil pour mettre à jour le filtrage selon tout nouveau point de vue.

Attention, les points cachés par cette méthodes ne peuvent pas être ré-affichés via une méthode ad-hoc (pour l'instant). Il faut en attendant utiliser un artifice : activer l'outil de segmentation manuelle sur le nuage (l'icône des "ciseaux" - section 1.5.1) qui réinitialise l'information de visibilité par point) puis quitter ce mode.

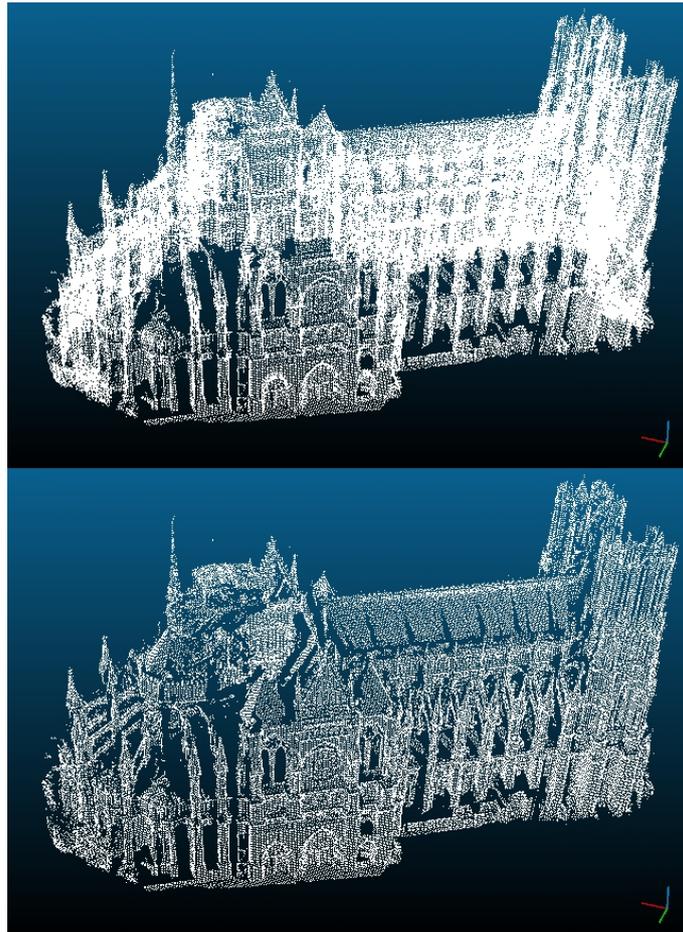


FIGURE 2.36 – Nuage de point complet (en haut) et nuage de point filtré avec la technique "HPR" (en bas)



FIGURE 2.37 – Interface de choix de niveau d'octree

2.6 Menu '3D Views'

2.6.1 3D Views > New

Permet d'ouvrir un nouveau contexte (fenêtre) graphique.

Remarques :

- Raccourci clavier : **CTRL + F3**
- Le nouveau contexte graphique est nommé en fonction du nombre de contextes ouverts depuis le lancement de *CloudCompare*. Si n contextes graphiques ont été ouverts durant la session, quelque soit le nombre de contextes restant, l'élément créé sera automatiquement nommé "3D View $n + 1$ ".
- Les contextes ainsi créés sont vierges : ils ne contiennent aucun objet, et il appartient à l'utilisateur de répartir

l'affichage des entités disponibles comme il le souhaite (cf. section [1.3.2](#))

2.6.2 3D Views > Close

Ferme le contexte (fenêtre) graphique actif.

Remarques :

- Raccourci clavier : **CTRL + F4**
- Les objets rattachés au contexte graphique ainsi supprimés ne sont réaffecté à aucun autre contexte, et ne sont donc plus visualisables. L'utilisateur pourra s'il le souhaite répartir l'affichage des objets dans les contextes graphiques restants (cf. section [1.3.2](#)).

2.6.3 3D Views > Close all

Ferme tous les contextes (fenêtres) graphiques.

2.6.4 3D Views > Tile

Cette commande permet de partitionner l'espace d'affichage entre les différents contextes graphiques ouverts. Les contextes sont disposés de manière à ce que l'espace d'affichage soit entièrement rempli, et qu'il n'y ait aucun chevauchement entre contextes (ils forment une mosaïque).

Note : Cette organisation est utile pour visualiser tous les contextes simultanément.

2.6.5 3D Views > Cascade

Permet d'organiser les contextes graphiques en cascade : les contextes sont superposés dans l'ordre suivant lequel ils ont été créés.

Note : l'organisation en cascade est utile lorsqu'il s'agit de naviguer rapidement entre les contextes existants.

2.6.6 3D Views > Next

Cette commande permet de passer au contexte graphique précédent (activation du contexte précédent à la place du contexte actuel).

Note : L'ordre des contextes graphiques repose sur leur nom, et donc sur leur ordre de création. Le contexte "précédent" correspond donc au dernier contexte encore ouvert créé avant le contexte actuel.

2.6.7 3D Views > Previous

Cette commande permet de passer au contexte graphique suivant (activation du contexte suivant à la place du contexte actuel).

Note : Le contexte "suivant" correspond au premier contexte encore ouvert créé après le contexte actuel.

2.7 Menu 'Help'

2.7.1 Help > Help

Affiche la documentation utilisateur de *CloudCompare*.

Raccourci clavier : **F1**.

2.7.2 Help > About

Affiche la fenêtre d'information de la version courante de *CloudCompare* (cf. figure [2.38](#)).

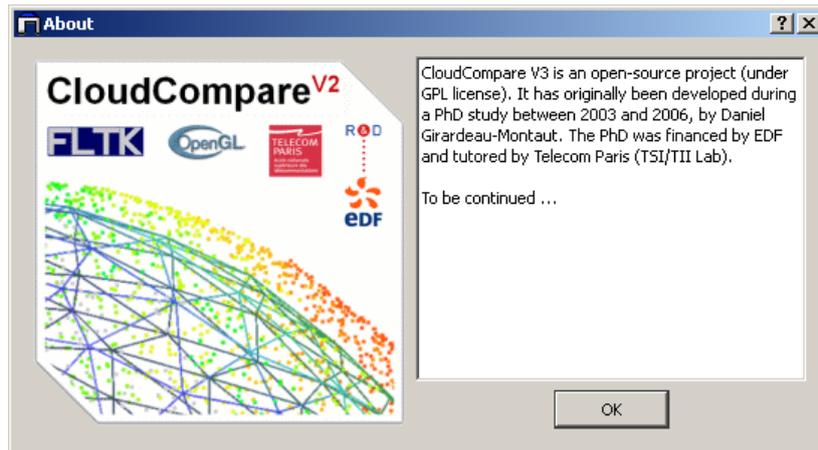


FIGURE 2.38 – Fenêtre d'informations

2.7.3 Help > About plugins

Affiche la fenêtre d'information des plugins (figure 2.39). Cette fenêtre affiche sous forme d'arborescence développable les plugins disponibles. Les répertoires dans lesquels *CloudCompare* cherche les plugins sont affichés en haut de la fenêtre.

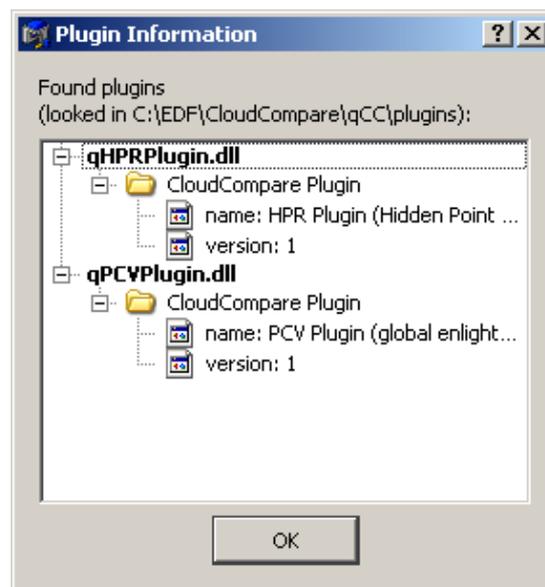


FIGURE 2.39 – Fenêtre d'information des plugins

Annexe A

Annexes

A.1 Formats de fichiers

A.1.1 Fichiers de primitives 2D/3D reconnus

Extension	Type	P	M	RGB	NG	N	S	Autre	Description
asc, txt, neu, xyz, etc.	ascii	✓		✓	✓	✓	✓		nuage de points ASCII
bin	binaire	✓		✓		✓	✓		nuage(s) de points, format binaire spécifique à CloudCompare
ply	ascii / binaire	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	maillage (Stanford)
obj	ascii		✓			✓		✓	maillage (Wavefront)
soi	ascii	✓			✓				nuage(s) (Soisic, Mensi)
(c)bin	binaire	✓		✓					nuage (C. Hernandez)
pn	binaire	✓				✓			nuage (point + normale)
pV, pcv	binaire	✓					✓		nuage (point + valeur)
icm	ascii							✓	association nuages/images

P : Points
 M : Maillages
 RGB : Couleurs (Red, Green, Blue)
 NG : Niveaux de Gris
 N : Normales
 S : Scalaires

A.1.2 Chargement et sauvegarde

	Chargement	Sauvegarde
asc, txt, neu, xyz, etc.	✓	✓
bin	✓	✓
ply	✓	✓
obj	✓	✓
soi	✓	
(c)bin	✓	
pn	✓	✓
pv, pcv	✓	
icm	✓	

A.1.3 Formats spéciaux

A.1.3.1 Fichier 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
FILENAME=pa4.asc //Fichier de points
FILETYPE=ASC //Type du fichier de points
IMAGES_DESCRIPTOR=photo_match.wrl //Fichier VRML de description des photos
calibrées
```

[fichier «photos_match.wrl »](#)

```
#VRML v2.0 utf8

DEF photo1.jpg Viewpoint{ //Header photo #1
fieldOfView 0.621379 //F.O.V.
position -10.5418 -15.6091 5.95961 //Centre optique
description «VANNE + PETIT TUYEAU » //Description
orientation 0.70724 -0.37292 -0.600618 //Vecteur «visée »
3.74252
} //Fin de photo #1

DEF photo2.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).

A.1.3.2 Fichier d'export de carte de profondeur

Fichier ASCII d'export de carte de profondeur associée à un *capteur*. Peut être généré via la fonction *Sensor > Ground-Based Lidar > Export depth buffer* (section 2.2.15).

Exemple :

fichier «Ground Based Laser Scanner.txt »

```
// CLOUDCOMPARE DEPTH MAP
// Associated cloud : Cloud #0          associated cloud name (as disp. in CC)
// dPhi = 0.005000 [ -0.383052 : 0.319331 ] horizontal angular step
// dTheta = 0.005000 [ -1.626588 : 0.137948 ] vertical angular step
// pMax = 78823.398438                 max depth
// L = 353                             number of horiz. pixels
// H = 141                             number of vert. pixels
////////////////////////////////////
0.000000 0.000000 18132.496094         1st pixel coordinates (i,j) and depth (z)
1.000000 0.000000 15145.963154         2nd pixel coordinates (i,j) and depth (z)
...
352.000000 140.000000 132135.321542    L*H pixel coordinates (i,j) and depth (z)
```

Index

- A**
- actualiser l’affichage 45
 - afficher
 - des barres d’outils 6
 - des capteurs 29
 - des champs scalaires 13
 - des objets 9, 12
 - aide 20, 52
 - aligner des nuages voir recalage
 - arborescence voir navigation
 - arbre de navigation voir navigation
 - arrêter un calcul 19
- B**
- boîte englobante 7, 8
- C**
- caméra voir point de vue
 - capteur 28–30
 - capture d’écran 46
 - champ scalaire 8, 12, 13, 28, 30–32, 42, 48
 - cloner 32, 34
 - composantes connexes 43, 44
 - composants logiciels 2
 - console 6, 42, 48
 - contexte graphique 6–10, 21, 45, 46, 51, 52
 - contraste
 - lissage voir filtrage
 - réhaussement 28
 - couleurs 11, 12, 21, 24, 25, 32, 46
- D**
- Delaunay voir triangulation
 - dérouler voir développer
 - développer 33
 - différence 31
 - distances 30, 39, 41, 42
 - DLL (Dynamic Link Libraries) 2, 48
- E**
- échantillonner
 - des points sur un maillage 27, 41
 - ré-échantillonner 26
 - sous-échantillonner 33, 36
 - échelle
 - de couleurs voir rampe de couleurs
 - de distances 8
 - éclairage 11, 15, 21, 46, 47
- ambiant, diffus, spéculaire 46
 - simuler 48
 - exécutable 2
- F**
- fichiers
 - formats 24, 55
 - ouvrir 23, voir ouvrir des objets
 - sauvegarder 24
 - fil de fer, rendu 15, 17
 - filtrage 28
 - gaussien 28, 31
 - fusionner 32
- G**
- Gauss voir loi normale
 - gradient 30, 31
 - grille voir projection sur grille
- H**
- Hidden Point Removal 50
 - histogramme 20, 42
- I**
- information 52, 53
 - installation 2
 - inversion 26
- L**
- licence 2
 - lissage voir filtrage
- M**
- maillage 11, 15, 26, 28
 - calculer à partir d’un nuage voir triangulation
 - masquer voir afficher
 - max
 - displayed value voir plage d’affichage
 - saturation value voir plage de saturation
 - menus, barre de 5
 - min
 - displayed value voir plage d’affichage
 - saturation value voir plage de saturation
 - modèle 40
 - mutli-sélection voir sélectionner
- N**
- NaN voir valeurs ignorées

- navigation, fenêtre de 6, 7, 12
- normale, loi voir statistiques
- normales 12, 15, 26
- O**
- octree 15, 16, 26, 31, 33, 40, 44, 50
- outils, barre de 5, 10, 19
- ouvrir des objets 19, 21, 55
- P**
- perspective voir projection pour visualisation
- plage
- d'affichage 14
 - de saturation 14
- plein écran 11, 21, 45
- plugin 3, 20, 48, 53
- point de vue 9, 11, 21, 46, 50
- Portion de Ciel Visible 48
- profondeur, carte de 28, 29
- progression, bar de 19
- projection 46
- pour visualisation 45, 46, 50
 - sur grille 34
- propriétés, fenêtre de 6, 12
- Q**
- Qt 3
- R**
- raccourcis clavier 20
- rafraîchissement, taux de 11, 21, 45
- rampe de couleurs 8, 13
- recalage 36, 37, 41
- renommer 12, 20
- rôle 32, 33, 36, 38, 39, 41
- rotation manuelle 18
- S**
- sélectionner
- des objets 7
 - un champ scalaire 13
- segmentation 31, 43, 44
- segmentation manuelle 17
- source lumineuse voir éclairage
- souris 9
- statistiques
- paramètres 42
 - test 42
- statut, bar de 6
- supprimer des objets 21
- surface, mesurer 27, 28
- T**
- taille des points 11
- translation 32, 33
- translation manuelle 18
- trièdre d'orientation 8, 11
- triangulation 27
- V**
- valeurs ignorées 14
- version 2, 3
- W**
- Weibull voir statistiques
- WireFrame voir fil de fer
- Z**
- zoom 10, 11

