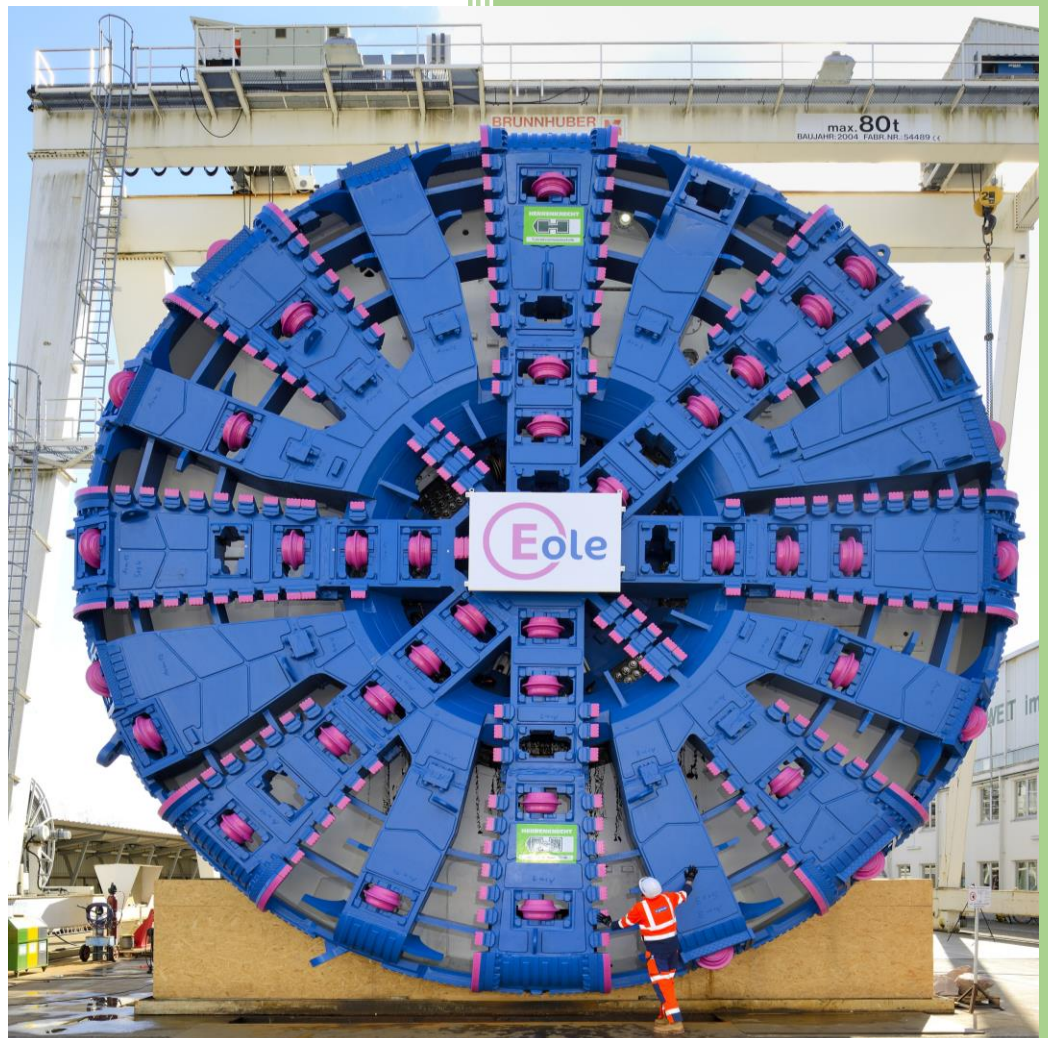


2019

Procédure d'analyse scan 3D ANNEXE 5



KAUMBA LUNGU, Soleil

BOUYGUES TP

19/06/2019

Table des matières

INTRODUCTION	4
1. Présentation des logiciels et matériels utilisés	1
1.1. Laser scanner FARO FOCUS S150	1
1.2. SCENE de FARO.....	2
1.3. 3D RESHAPER.....	2
2. Procédure d'analyse	3
2.1. <i>Traitement des scans bruts</i>	3
2.2. <i>Assemblage et géoréférencement</i>	6
2.3. <i>Exportation du nuage de points sous SCENE</i>	10
2.4. <i>Exportation du modèle 3D sous REVIT</i>	10
2.5. <i>Importation sur 3D RESHAPER</i>	14
2.6. <i>Analyse comparative (théorique vs nuage de points/ nuage vs nuage)</i>	17
2.8. <i>Rapport d'analyse</i>	27

Table des figures

Figure 1. Laser scanner FARO FOCUS S150	1
Figure 2. Sphère d'assemblage.....	1
Figure 3. Logiciel SCENE.....	2
Figure 4. Logiciel 3D Reshaper	2
Figure 5. Etapes d'import de données sur SCENE	3
Figure 6. Interface SCENE	4
Figure 7. Scans Bruts au format FLS	4
Figure 8. Aperçu avant traitement de scans bruts.....	4
Figure 9. Lancement du traitement des scans bruts.....	4
Figure 10. Options de configuration pour traitement des scans bruts.....	5
Figure 11. Sphère d'assemblage.....	6
Figure 12. Prisme boule.....	6
Figure 13. Plaques métalliques	6
Figure 14. Sélection du mode d'assemblage.....	6
Figure 15. Configuration des paramètres d'assemblage.....	7
Figure 16. Sélection et détection des cibles pour l'assemblage.....	7
Figure 17. Vue en plan nuage de points et positions des scans.....	8
Figure 18. Statistiques des résultats de détection des cibles.....	8
Figure 19. Espace de travail logiciel SCENE pour exportation.....	10
Figure 20. Configuration des paramètres d'export DWG sur REVIT	11
Figure 21. Paramètres à modifier avant export DWG sur REVIT.....	11
Figure 22. Procédure d'exportation DWG sur REVIT.....	12
Figure 23. Choix des vues à exporter sur REVIT	12
Figure 24. Procédure d'exportation du modèle 3D sur AutoCAD	13
Figure 25. Sélection du format à exporter pour modèle 3D sur AutoCAD.....	13
Figure 26. Procédure d'importation sur 3D Reshaper	14
Figure 27. Paramètres importation modèle 3D.	15
Figure 28. Procédure d'explosion du modèle 3D.	15
Figure 29. Procédure regroupement des faces du modèle 3D.	16
Figure 30. Procédure d'analyse comparative sur 3D Reshaper	17
Figure 31. Résultat d'analyse et modification de l'échelle des couleurs	18
Figure 32. Palette des intervalles des couleurs.....	19
Figure 33. Procédure d'ouverture boîte de clipping.	20
Figure 34. Procédure du traçage de l'axe étape 1.....	21
Figure 35. Procédure du traçage de l'axe étape 2.....	21
Figure 36. Procédure de création des sections planaires.	22
Figure 37. Création des sections planaires.....	22
Figure 38. Résultats de la création des sections planaires.....	23
Figure 39. Préparation de la section et l'axe pour l'extrusion.	23
Figure 40. Procédure d'extrusion de la section planeaire.....	24
Figure 41. Résultat de l'extrusion.....	24
Figure 42. Procédure et paramètres de calcul pour l'analyse des profils.	25
Figure 43. Procédure pour comparaison des profils.	26
Figure 44. Paramètres pour la comparaison des profils.	26

Figure 45. Résultat de l'analyse des profils.	27
Figure 46. Palette pour ouvrir rapport d'analyse sur 3D reshaper	27
Figure 47. Editeur des rapports d'analyse sur 3D Reshaper	28
Figure 48. fenêtre pour ajout des présentations dans le rapport.....	28

INTRODUCTION

Le présent document regroupe les informations nécessaires pour une procédure d'analyse comparative de scan 3D orientée aux travaux publics. Ce document détaille les étapes d'analyse allant de l'importation des fichiers à l'obtention du rapport d'analyse.

Les tests ont été effectués sur le chantier du prolongement du RER E sous le projet EOLE GC-TUN à Courbevoie dans le cadre d'un stage de fin d'étude (TFE). Ces tests comprenaient des interventions topographiques de terrain, des campagnes de scan 3D et du post-traitement de données au bureau.

Dans les lignes qui suivent nous présenterons les logiciels employés et détailleront la procédure de la solution adéquate pour une analyse comparative entre un modèle 3D et un nuage de points ou un nuage de points avec un autre nuage de points.

1. Présentation des logiciels et matériels utilisés

1.1. Laser scanner FARO FOCUS S150

Les matériels utilisés sur EOLE pour les interventions sur site sont le laser scanner **FOCUS S150** du groupe FARO, un trépied et 12 sphères d'assemblage et de géoréférencement (0.145m de diamètre - BOHNENSTINGL).



Figure 1. Laser scanner FARO FOCUS S150



Figure 2. Sphère d'assemblage

Ce scanner possède une vitesse d'acquisition de données de *976 000 points/seconde*, une portée maximale de 150m et a une précision de *2mm à 10m et 11mm à 100m*.

1.2. SCENE de FARO



Figure 3. Logiciel SCENE

SCENE est un logiciel du groupe FARO qui permet de traiter les nuages de points sortant du laser scanner FARO et d'assembler les différentes positions de scans. Ce logiciel est aussi utilisé pour géoréférencer le nuage de points dans le système de référence utilisé sur le chantier (*RGF93, projection Lambert 93*).

La version du logiciel utilisé pour cet exercice est la 2019.

1.3. 3D RESHAPER

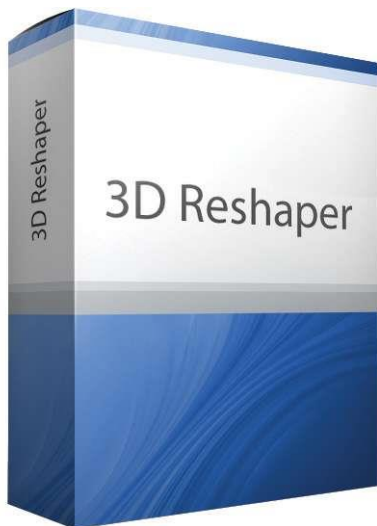


Figure 4. Logiciel 3D Reshaper

3D Reshaper est un logiciel dédié au traitement de nuage de points pour de nombreuses applications. Du nuage de point aux livrables, de l'ingénierie au patrimoine, de la topographie à l'industrie. Il est également capable de réaliser de la modélisation 3D et de l'inspection.

La version du logiciel utilisé pour cet exercice est la 18.1.8.

2. Procédure d'analyse

2.1. Traitement des scans bruts

Après avoir effectué une campagne de scan 3D sur le terrain, les données enregistrées sont copiées sur ordinateur et ensuite importées dans le logiciel SCENE.

Importer les scans bruts et le fichier des coordonnées des points géoréférencés (*csv ou txt*) sur SCENE.

Choisir un emplacement et créer le dossier « *PROJET* » ensuite saisir un nom pour le projet

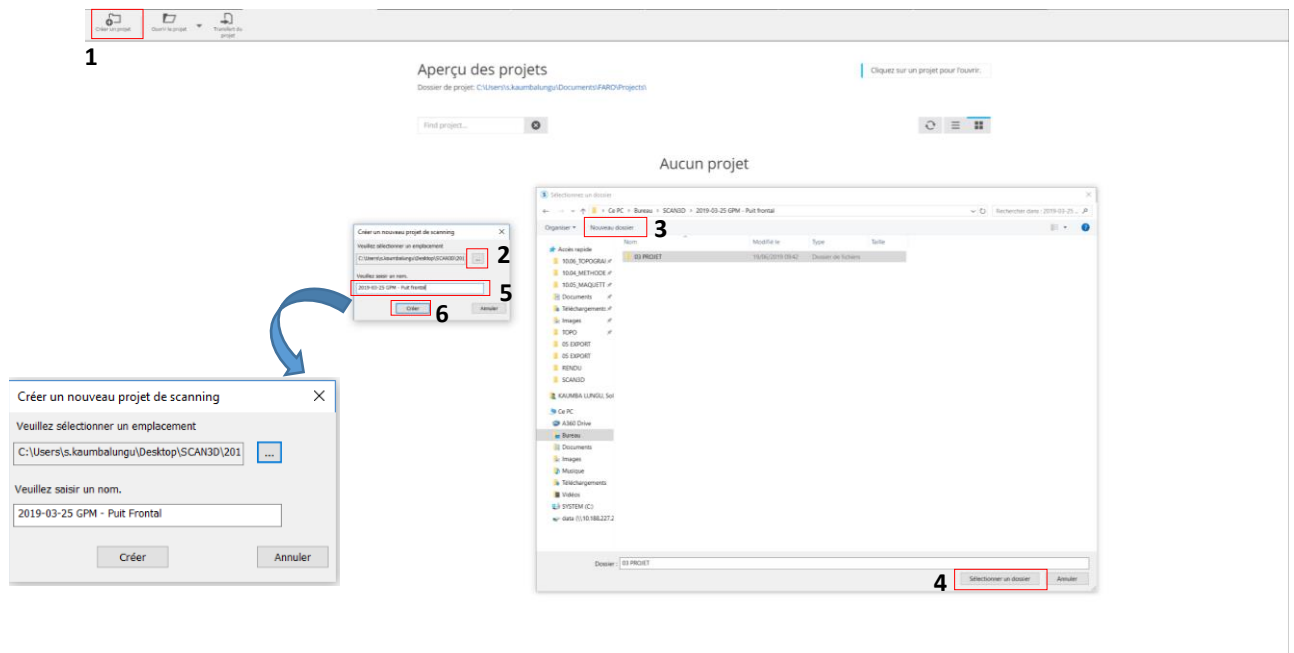


Figure 5. Etapes d'import de données sur SCENE

Une fois le projet créé, glissez tous les fichiers FLS et le fichier CSV ou TXT dans l'espace SCENE.

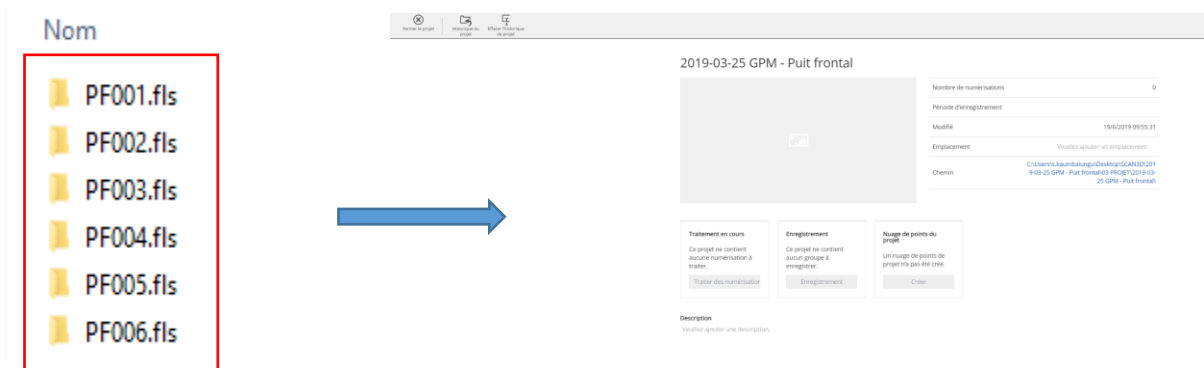


Figure 7. Scans Bruts au format FLS

Figure 6. Interface SCENE

L'étape suivante consiste à traiter les scans bruts. Cette opération convertit les scans en données lisibles et compréhensibles pour l'utilisateur.

Cliquer sur *Traiter des numérisations*

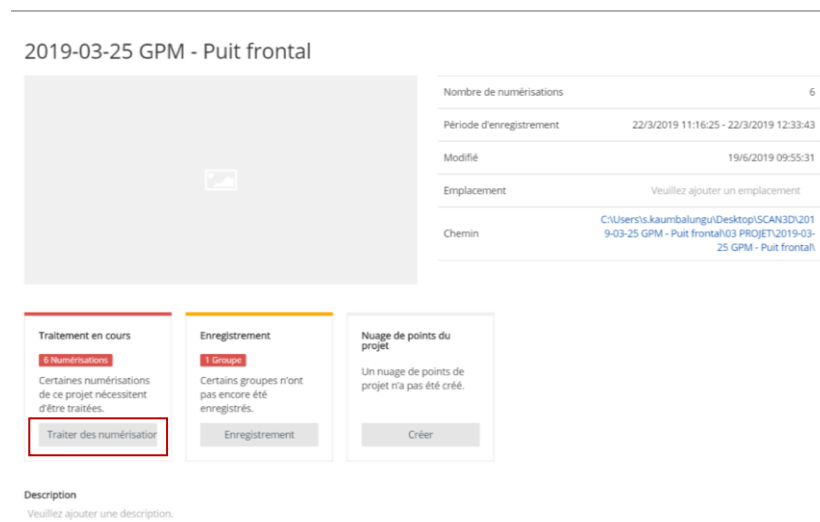


Figure 8. Aperçu avant traitement de scans bruts

Ensuite choisir le scan à traiter. Il est préférable de traiter un scan à la fois si vous utilisez un ordinateur qui ne remplit pas toutes les conditions requises pour le logiciel SCENE.

Sélectionner le scan et cliquer sur *Configurer le traitement*.

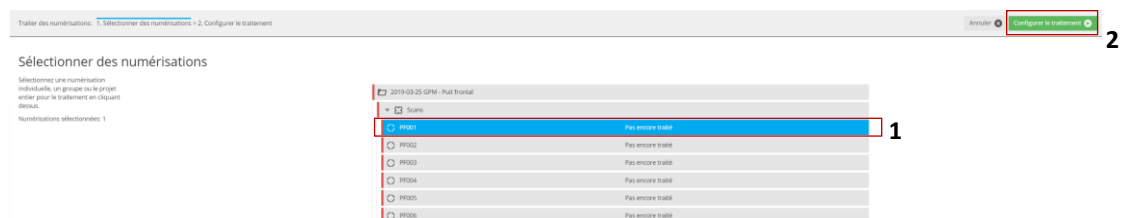


Figure 9. Lancement du traitement des scans bruts

Les options de traitement apparaîtront sur la fenêtre suivante.

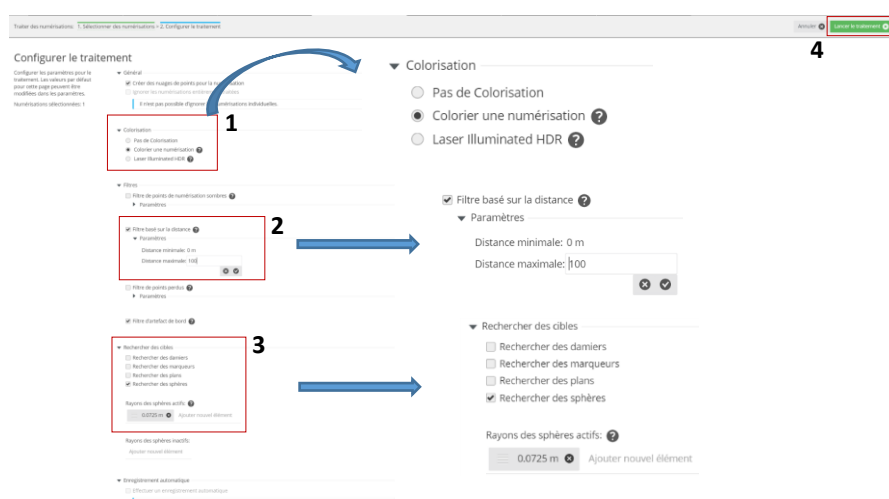


Figure 10. Options de configuration pour traitement des scans bruts

Les points encadrés sur l'image précédente sont les plus importants à configurer pour le traitement. Sur chaque option se trouve sur le côté un *point d'interrogation* pour plus d'informations sur la fonction de l'option.

La configuration des paramètres de l'image précédente convenait aux besoins du travail réalisé. L'option *Rechercher des cibles (étape 3)* peut être décochée pour réduire la durée du traitement des données.

Après avoir fini de paramétrer les options, lancer le traitement. Répéter les mêmes opérations jusqu'à avoir tous les scans traités.

2.2. Assemblage et géoréférencement

Cette étape consiste à orienter les scans dans une même direction et les positionner dans un même système de référence. Sur EOLE le système de coordonnées planimétrique est le *RGF93-Lambert93* et en altimétrie il s'agit du *NGF-IGN69*.

Le géoréférencement sur EOLE se réalise à l'aide des sphères d'assemblage et des prismes boule. La particularité des sphères d'assemblage est qu'elles ont le même déport que les prismes boules, c'est-à-dire, le centre de la sphère est le même que celui du prisme boule.

Sur terrain, des plaques métalliques sont utilisées pour poser les sphères et les prismes boules. Les positions des sphères sont obtenues à l'aide d'une station totale qui mesure les prismes boule.

Les bases de la sphère d'assemblage et du prisme boule sont aimantées, cela permet de facilement poser les sphères et prismes boule sur les plaques métalliques.



Figure 11. Sphère d'assemblage



Figure 12. Prisme boule



Figure 13. Plaques métalliques

Pour géoréférencer le nuage de points sur SCENE, procéder de la manière suivante

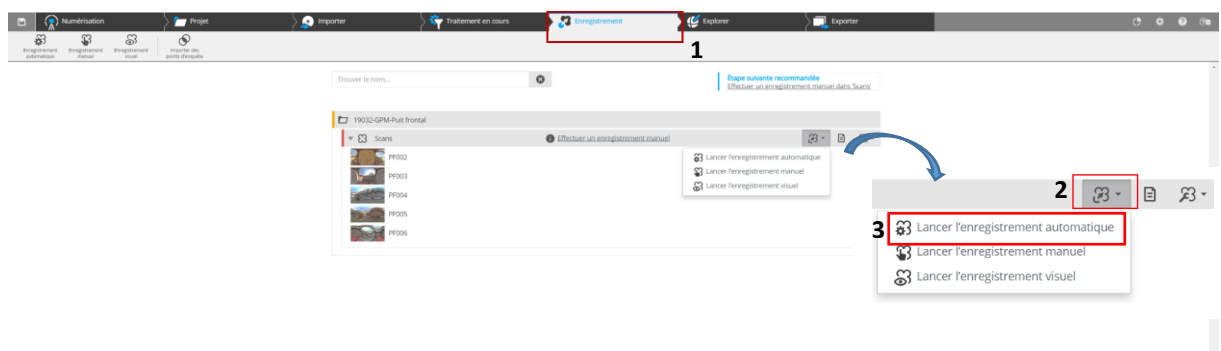


Figure 14. Sélection du mode d'assemblage

Assurez-vous de cocher les cases suivantes

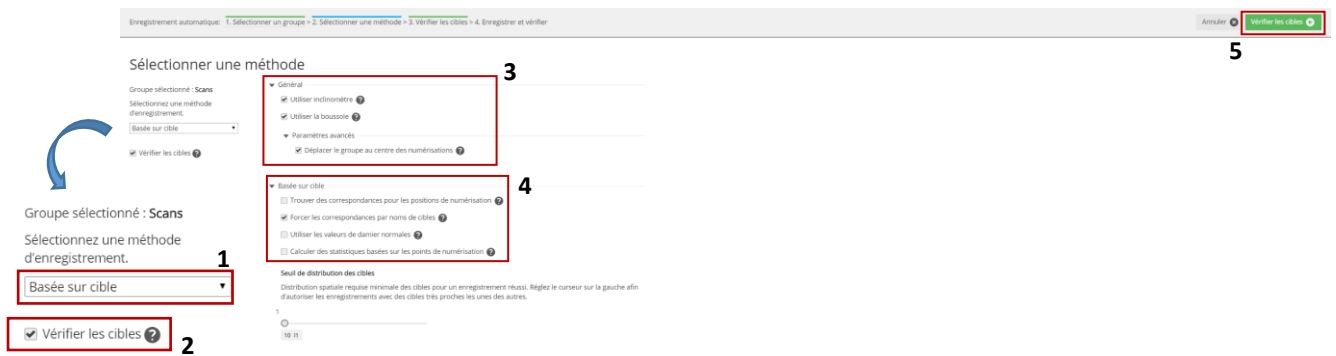


Figure 15. Configuration des paramètres d'assemblage

Une fois que toutes les cases ont été cochées, validez en cliquant sur *vérifier les cibles*.

Ensuite, il faut marquer les cibles (sphère, damier, point ou plan) et les nommer de la même manière dans chacune des positions de scan.

Dans cet exercice, des sphères ont été utilisées pour l'assemblage et le géoréférencement des scans. Dans le cas où d'autres objets sont employés, la procédure reste la même juste qu'il faut choisir de marquer le *type de cible utilisé*.

Procéder comme sur l'image suivante

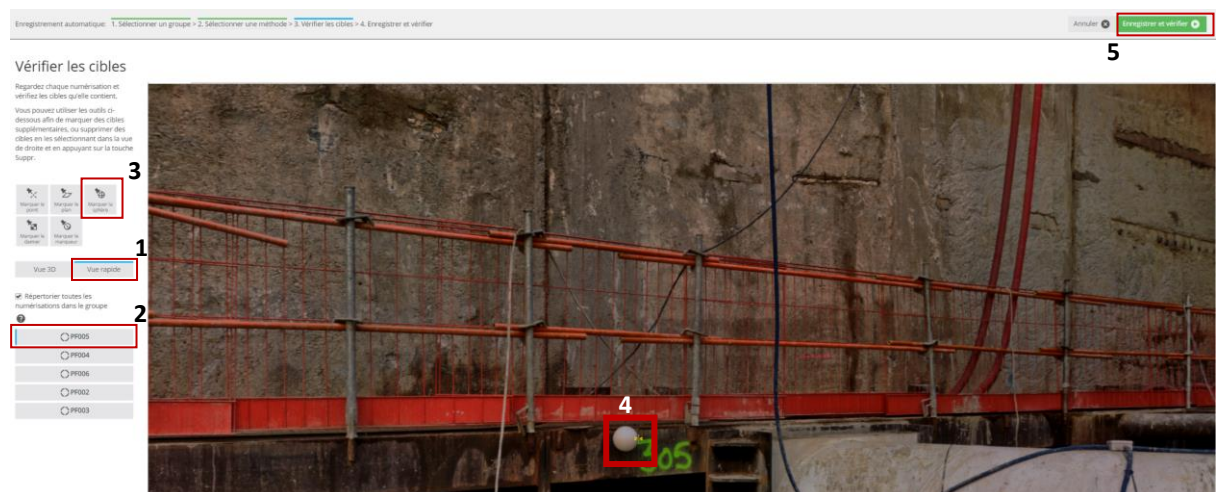


Figure 16. Sélection et détection des cibles pour l'assemblage

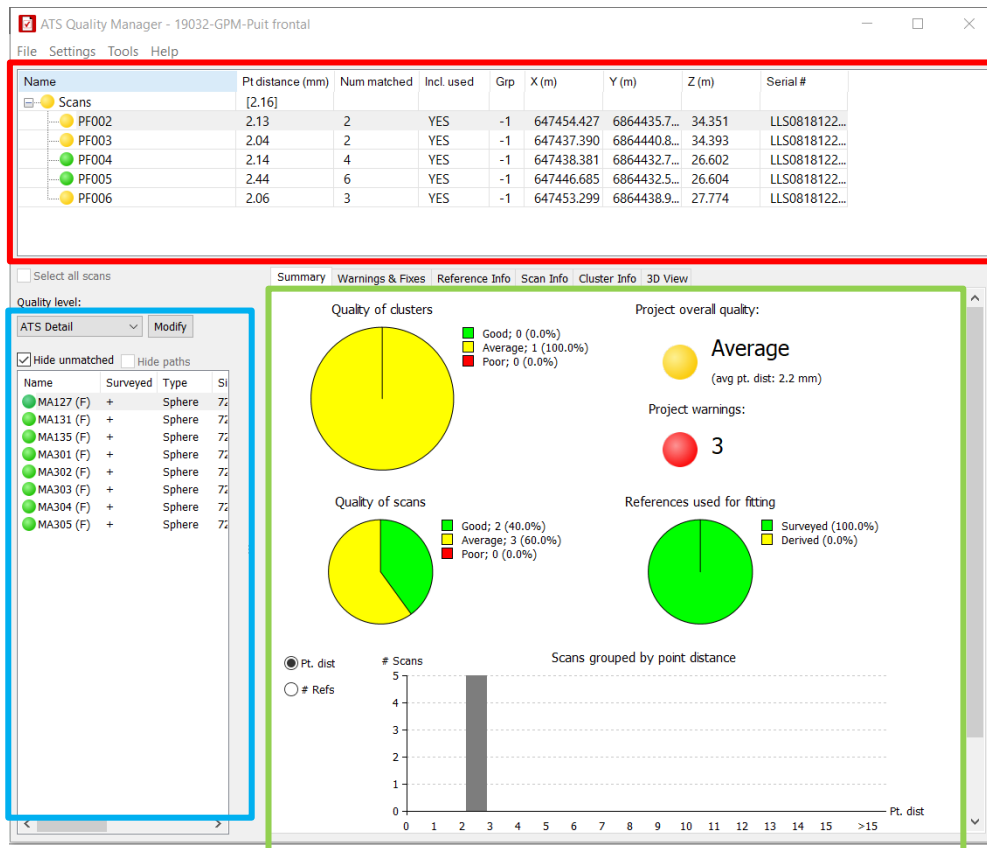
Les cinq étapes précédentes sont à répéter pour chaque position de scan (PF005, PF004, PF006, PF002 et PF003). L'étape 4 consiste à détecter la sphère en *cliquant* dessus.

Sur l'image suivante, Cliquez sur *Rapport* pour passer aux résultats de l'assemblage.

Après avoir cliqué sur *Terminer*, le logiciel vous renverra sur la vue de la *figure 6* et de là il faudra répéter les mêmes étapes jusqu'à atteindre une valeur d'erreur acceptable, dans ce cas 3.7mm était suffisant pour l'exercice.

Une fois que les erreurs seront réduites, il faudra *enregistrer le rapport* et valider l'assemblage en cliquant sur *oui* au point 4.

Il existe un add-on qui s'intègre à l'interface de SCENE qui permet de vérifier et ajuster les statistiques d'assemblage et géoréférencement, il s'agit de l'ATS *QUALITY MANAGER*.



Son interface se compose de trois espaces :

- En rouge, un espace contenant la liste des scans et leurs informations pertinentes (distances max entre points, coordonnées de la position de scan et le nombre de sphères détectées).
- En bleu, un espace contenant la liste des points de référence (points géoréférencés).
- En vert, c'est la zone d'informations comportant cinq onglets différents, chacun d'entre eux fournissant des informations détaillées sur la qualité du projet.

2.3. Exportation du nuage de points sous SCENE

L'export des données peut se faire sous plusieurs formats différents, cela dépend de la donnée que l'on veut exporter. En ce qui concerne le nuage de points, il existe deux types de nuage à exporter : *Les numérisations (ordonnée et non-ordonnée) et le projet*.

L'export du nuage de points en tant que projet permet aux utilisateurs de l'exploiter sous REVIT (export sous format RCP).

Les formats d'export des numérisations sont *E57, WRL, DXF, XYZ, IGES, PTS, FLS, CPE et POD*.

Pour cet exercice, le nuage de points a été exporté en tant que *numérisation ordonnée (format E57)*.

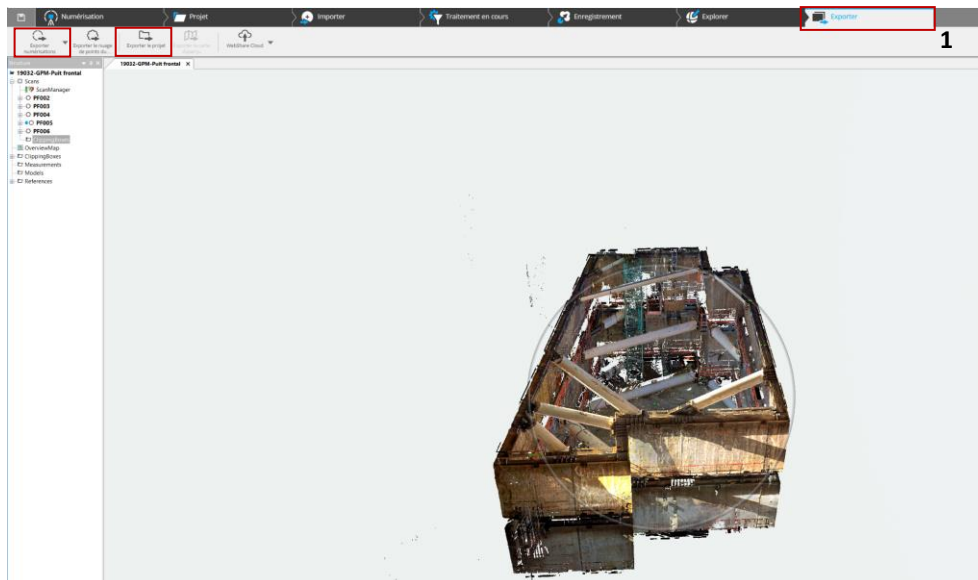


Figure 19. Espace de travail logiciel SCENE pour exportation

2.4. Exportation du modèle 3D sous REVIT

Le modèle 3D utilisé dans cet exercice a été construit sur REVIT. Cependant, 3D Reshaper permet d'importer des modèles 3D sous format IGES tandis que REVIT n'exporte pas ses modèles sous ce format. Cette section expliquera comment générer un format IGES en partant d'un modèle 3D REVIT.

Ouvrez votre projet REVIT et allez dans les paramètres d'exportation des DWG

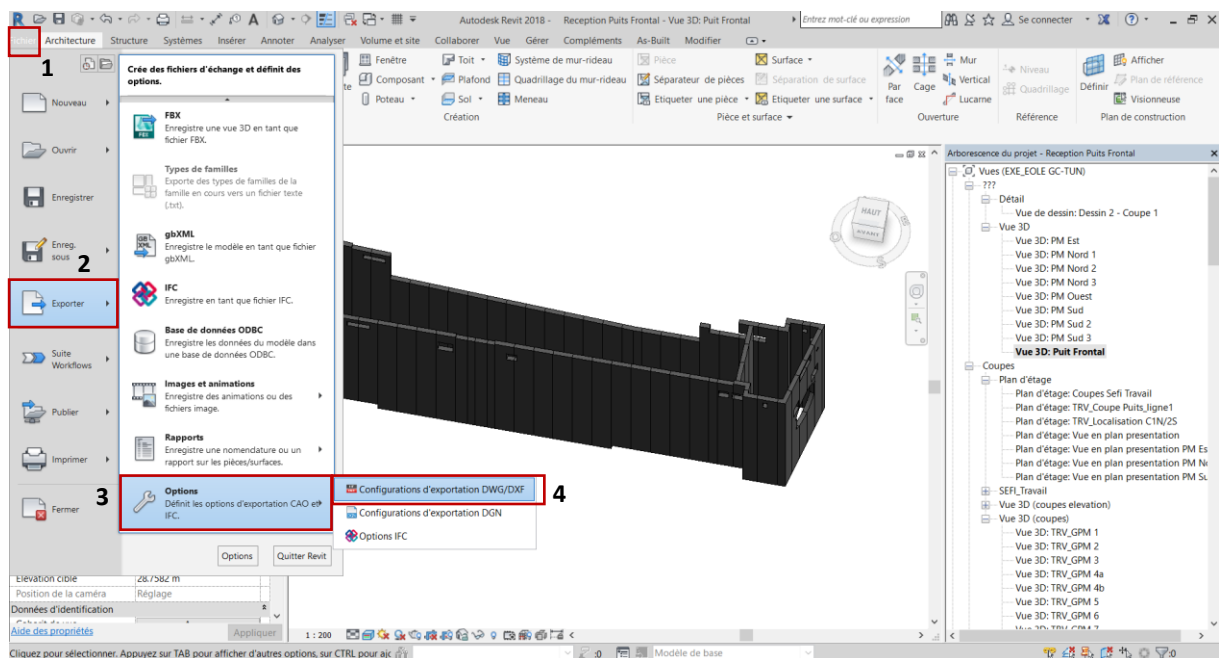


Figure 20. Configuration des paramètres d'export DWG sur REVIT

Les paramètres à réaliser sont les suivants

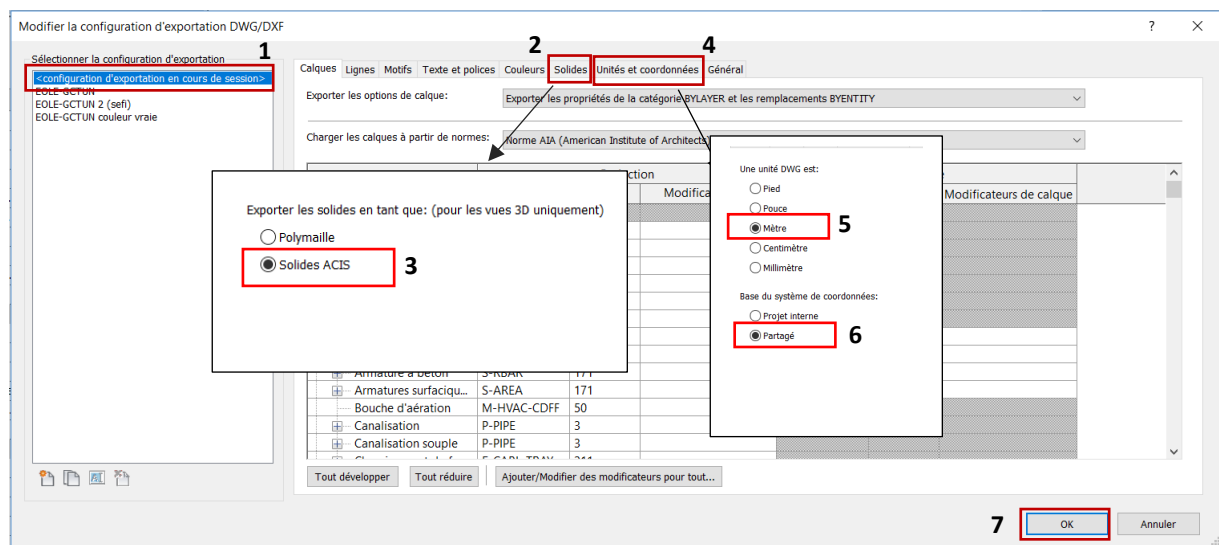


Figure 21. Paramètres à modifier avant export DWG sur REVIT

Ensuite procédez à l'exportation du modèle 3D. Notez ici que vous pouvez décider d'exporter tout le modèle ou une partie du modèle en le redimensionnant grâce à la *zone de coupe*.

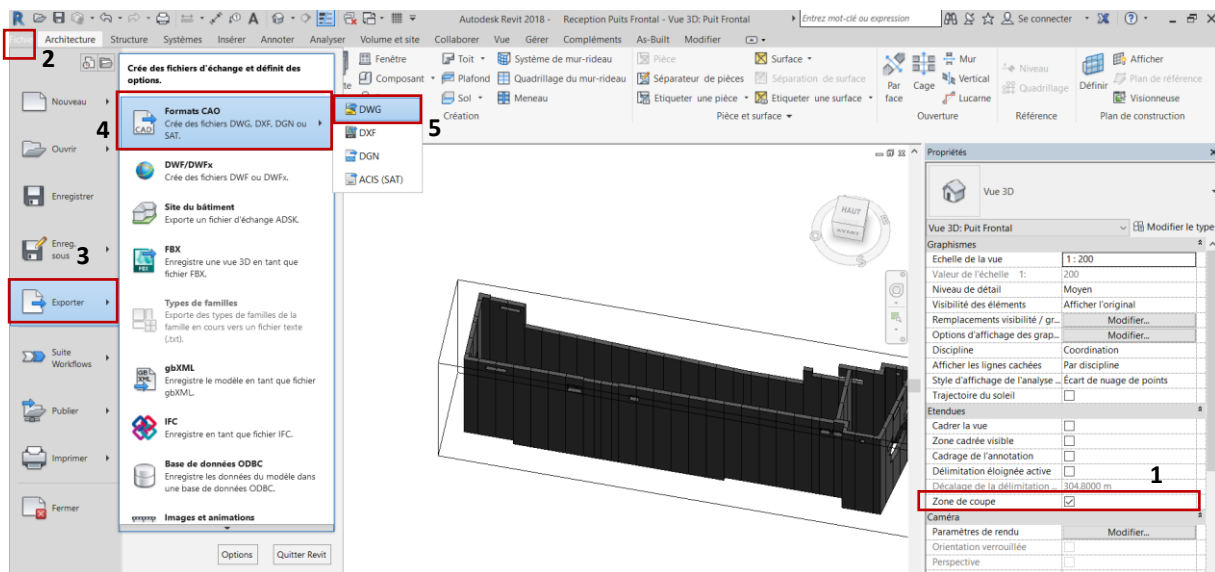


Figure 22. Procédure d'exportation DWG sur REVIT

Vérifiez que la configuration d'exportation est celle de la session en cours et cliquez sur suivant afin de définir un emplacement pour le fichier DWG qui sera créé.

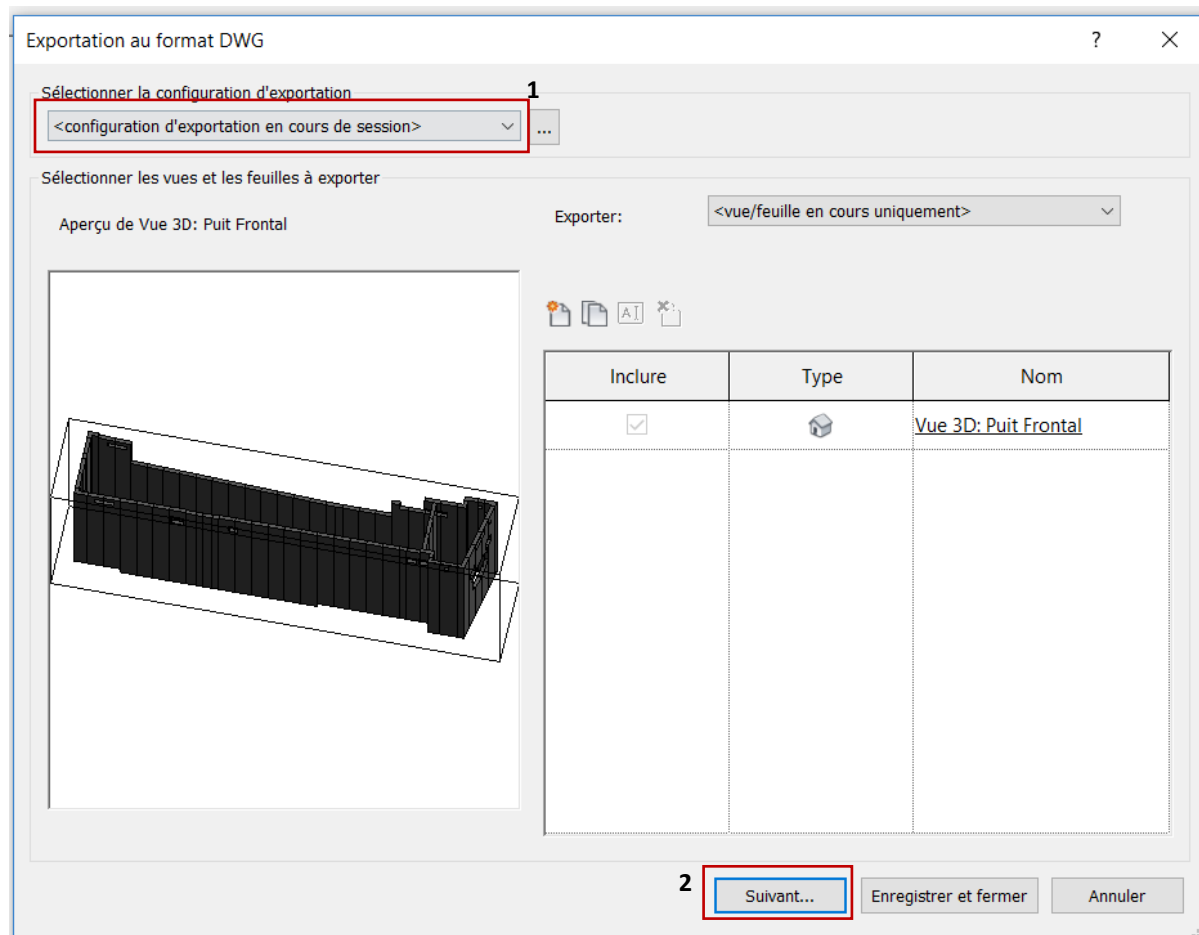


Figure 23. Choix des vues à exporter sur REVIT

Ouvrez le fichier DWG sur AutoCAD

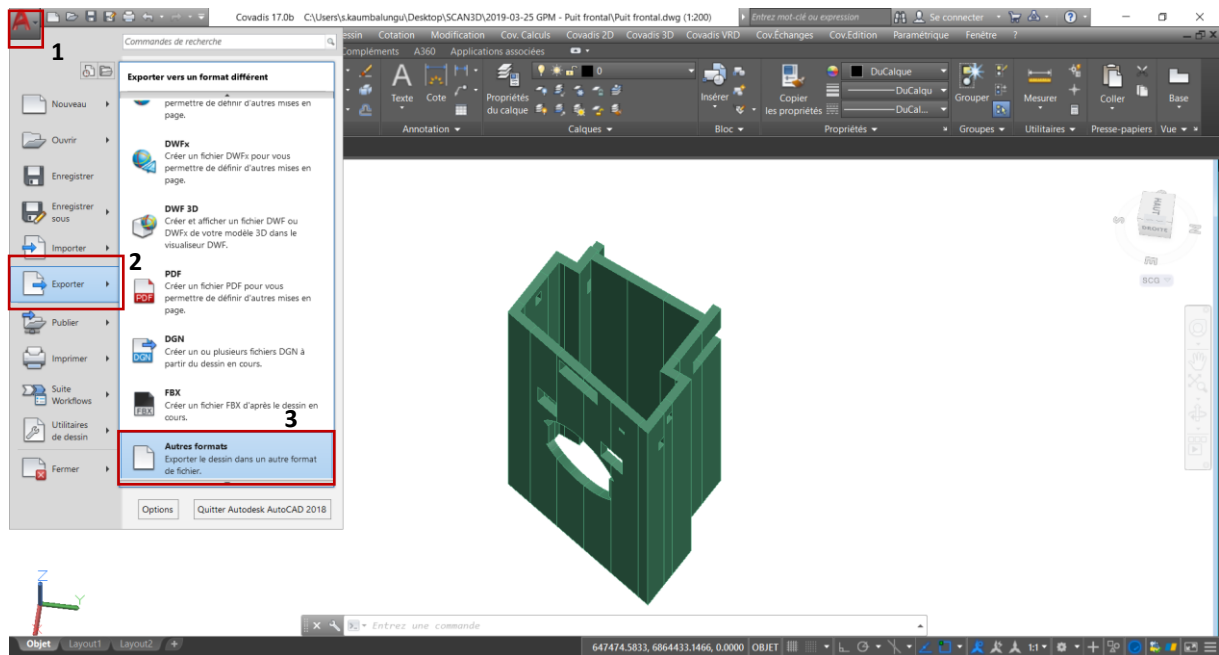


Figure 24. Procédure d'exportation du modèle 3D sur AutoCAD

Choisissez le format *IGES* et définissez un emplacement pour l'exportation

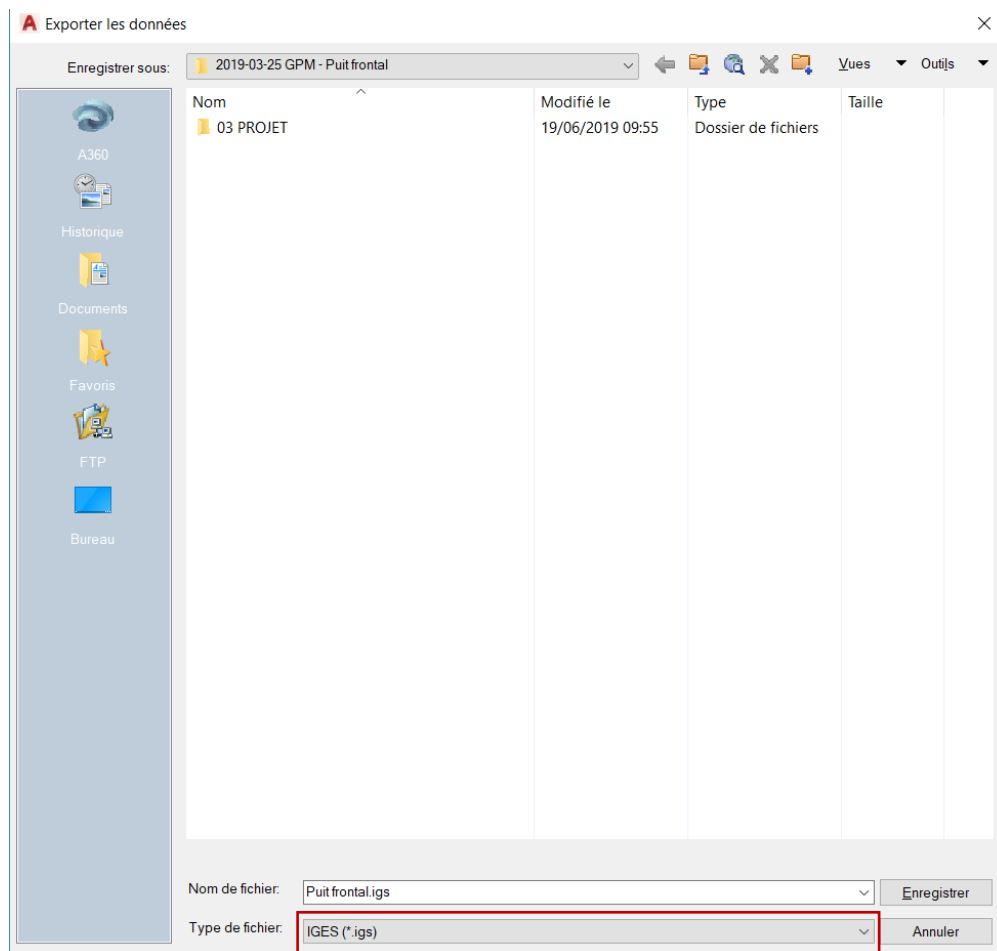


Figure 25. Sélection du format à exporter pour modèle 3D sur AutoCAD

2.5. Importation sur 3D RESHAPER

Cette étape marque début de l'exploitation du nuage de points. 3D RESHAPER sera utilisé pour de l'analyse comparative (théorique vs nuage).

Importer le nuage de points (format *E57*) et le modèle 3D (format *IGES*) dans 3D RESHAPER

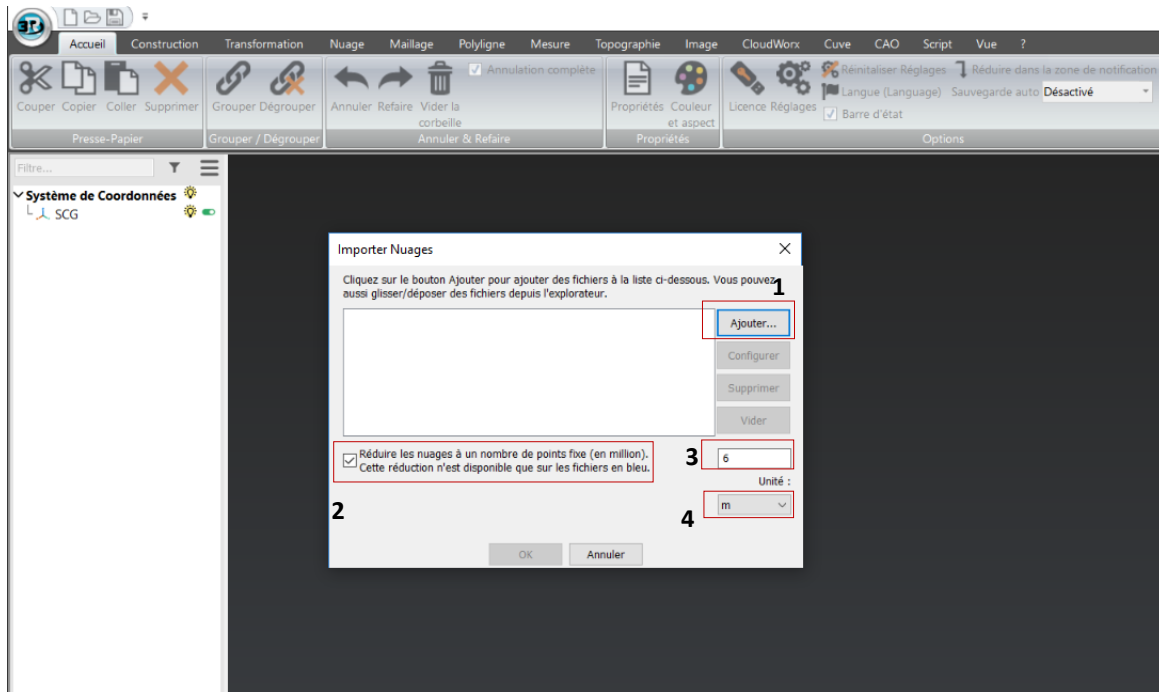


Figure 26. Procédure d'importation sur 3D Reshaper

Sur la deuxième étape, le choix de cocher ou non la case dépend du processeur de l'ordinateur. Cette option permet de réduire le nuage de points à un nombre défini (*étape 3*) pour une meilleure manipulation des données dans 3D Reshaper.

Le modèle 3D importé sur 3D Reshaper doit être explosé puis regrouper pour ne garder que l'intrados de l'ouvrage qui sera analysé. Cette opération est effectuée pour assurer une bonne analyse.

Pour exploser le modèle 3D procéder de la manière suivante

Importer le modèle 3D

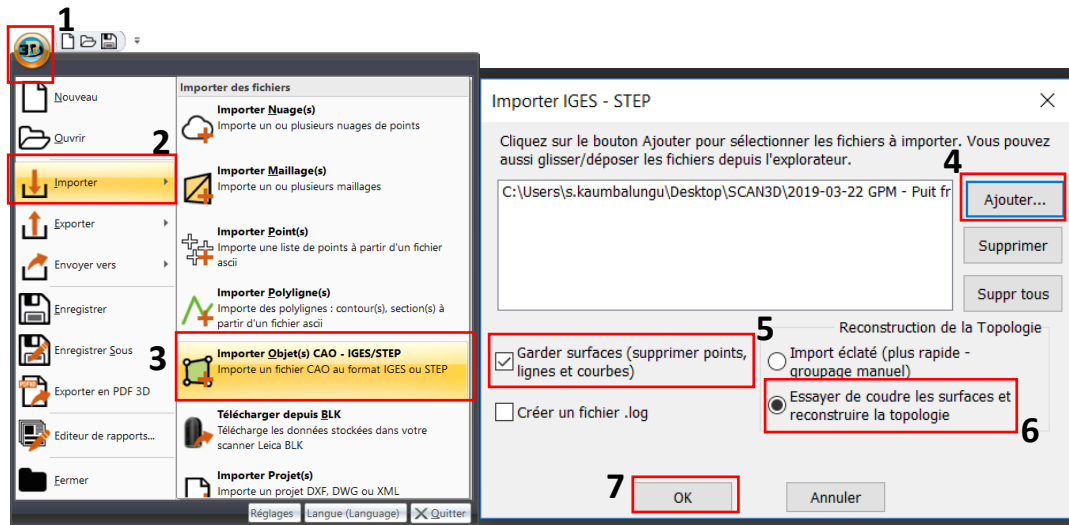


Figure 27. Paramètres importation modèle 3D.

Sélectionner ensuite le modèle pour l'explorer

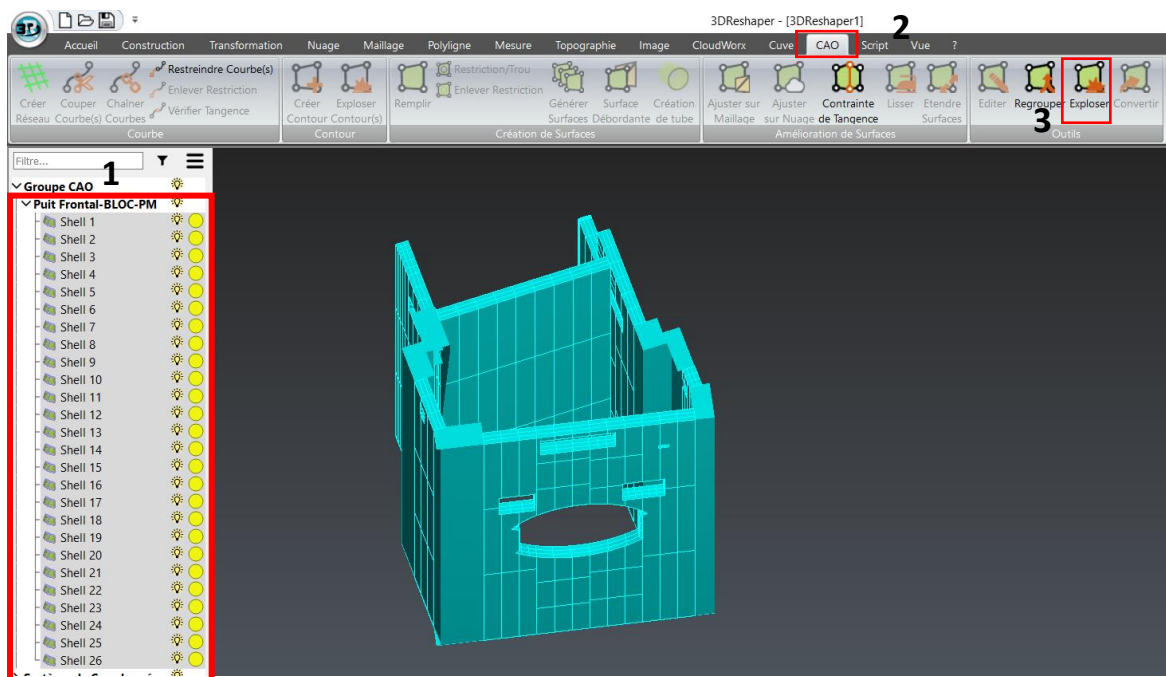


Figure 28. Procédure d'explosion du modèle 3D.

Une fois le modèle explosé, sélectionner les faces d'intérêt ensuite faites un clic droit avec la souris sur les faces sélectionnées et regrouper-les

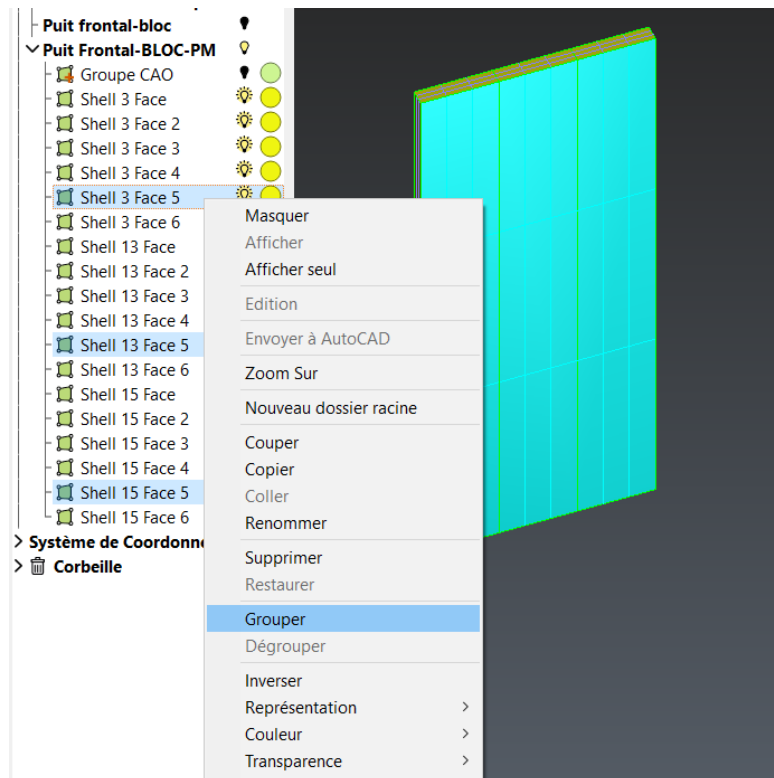


Figure 29. Procédure regroupement des faces du modèle 3D.

Ce nouveau groupe d'objet peut être renommé pour ainsi éviter la confusion avec les autres faces.

2.6. Analyse comparative (théorique vs nuage de points/ nuage vs nuage)

Sélectionner le modèle 3D et le nuage de points ensuite suivez les étapes ci-dessous

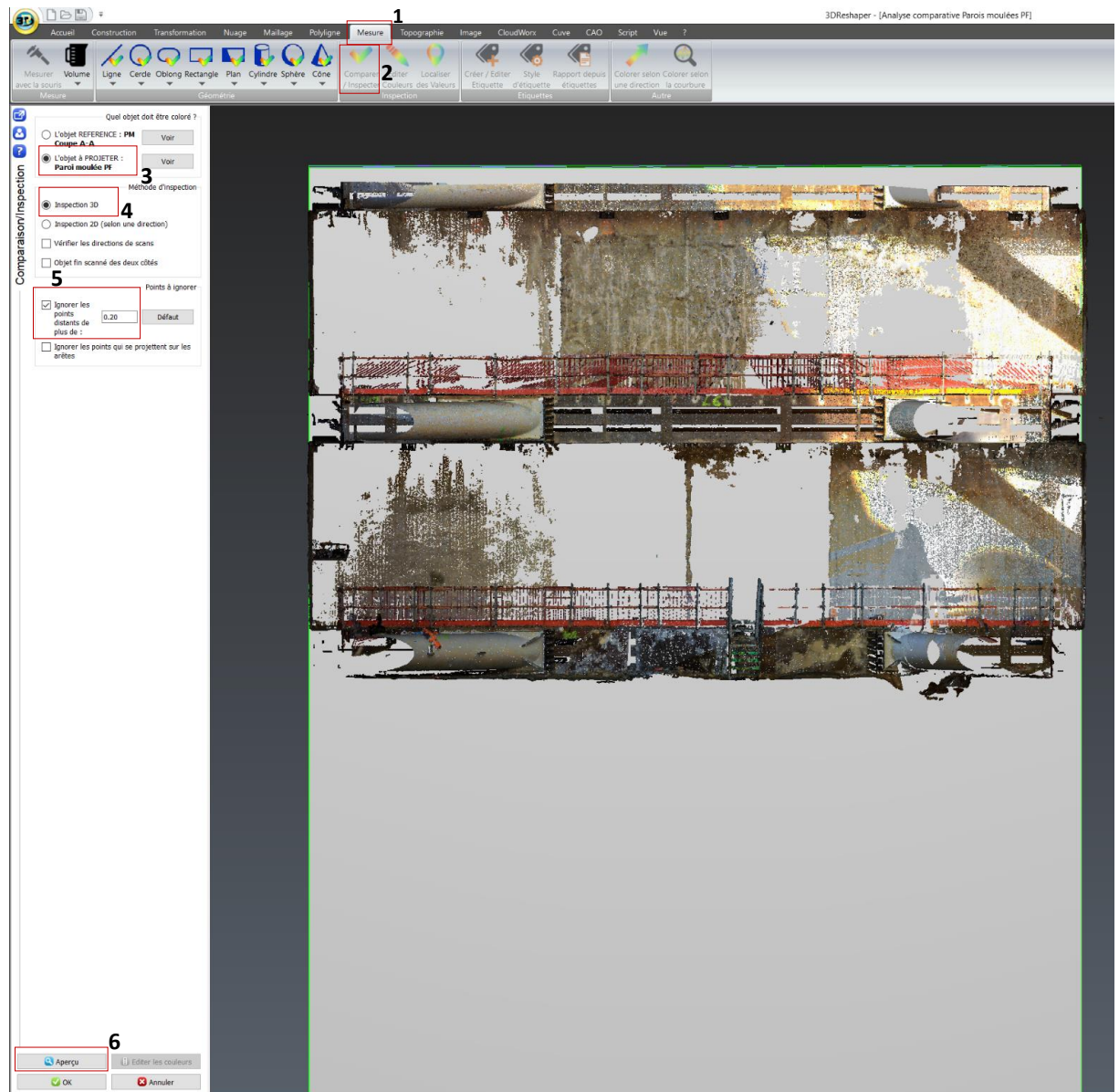


Figure 30. Procédure d'analyse comparative sur 3D Reshaper

La colorisation du résultat d'analyse doit se projeter sur le nuage de point (étape 3) pour avoir une meilleure lisibilité de l'information.

Le choix du mode d'inspection 3D permet que l'analyse s'exécute sur plusieurs directions.

La cinquième étape consiste à définir une tolérance d'exécution, au-delà de cette valeur aucune analyse ne sera effectuée. Pour cet exercice, la tolérance choisie est de **20cm**. Cette valeur a été déterminée en fonction de la profondeur actuelle du Puit.

Une fois terminée la configuration des paramètres, cliquez sur **Aperçu**. Le résultat se présentera comme sur l'image suivante.

Afin d'améliorer la compréhension du résultat, définissez une échelle des couleurs en cliquant sur **éditer les couleurs**.

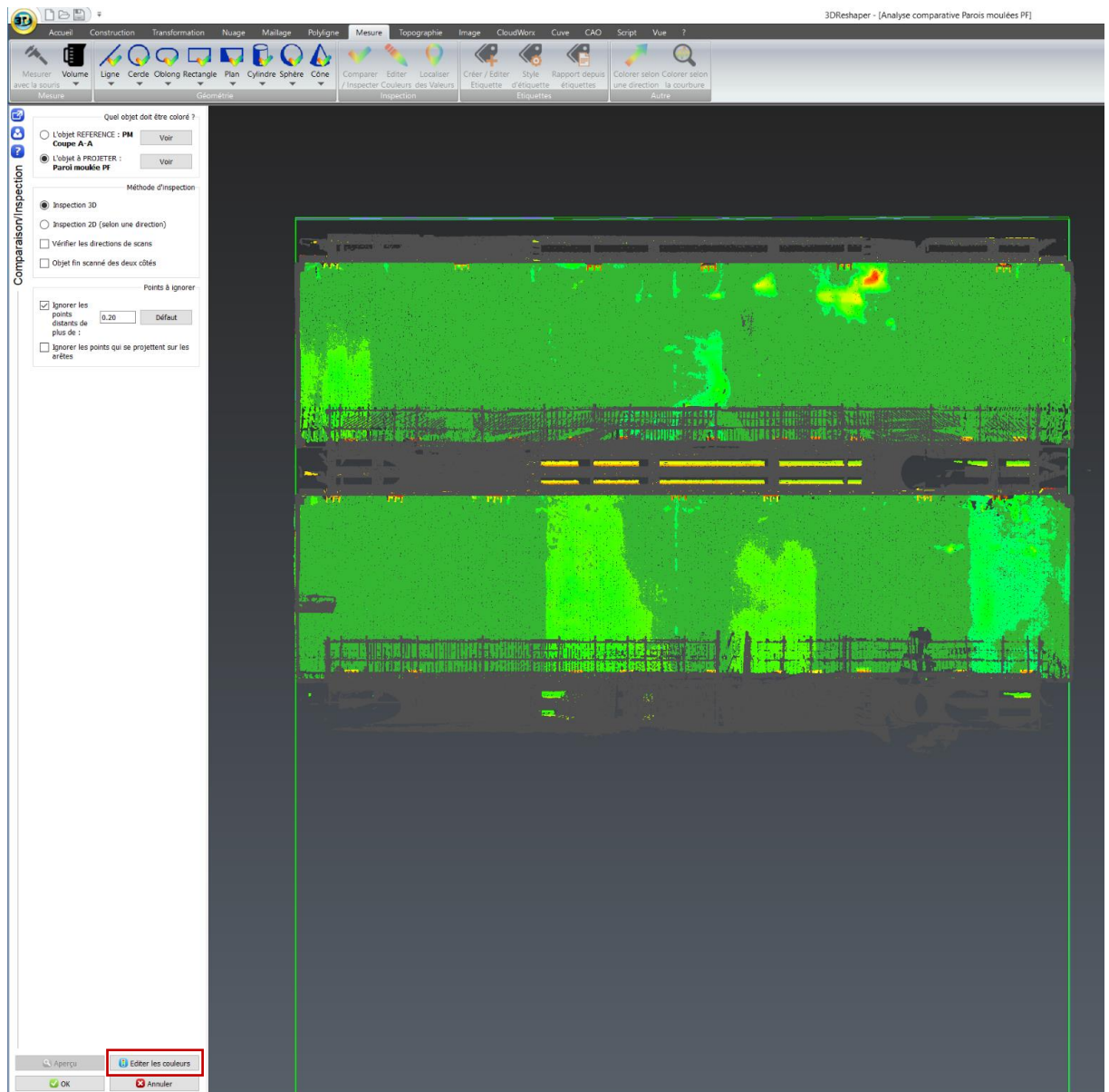


Figure 31. Résultat d'analyse et modification de l'échelle des couleurs

La palette suivante s'ouvrira.

Dans ce cas, les intervalles définis sont les suivants (20cm, 15cm, 10cm, 0cm, -10cm, -15cm, -20cm). Pour définir les valeurs et couleurs d'intervalles, cliquez sur chacun des marqueurs (*étape 2*) et assurez-vous de travailler dans la bonne unité de mesure (*étape 3*).

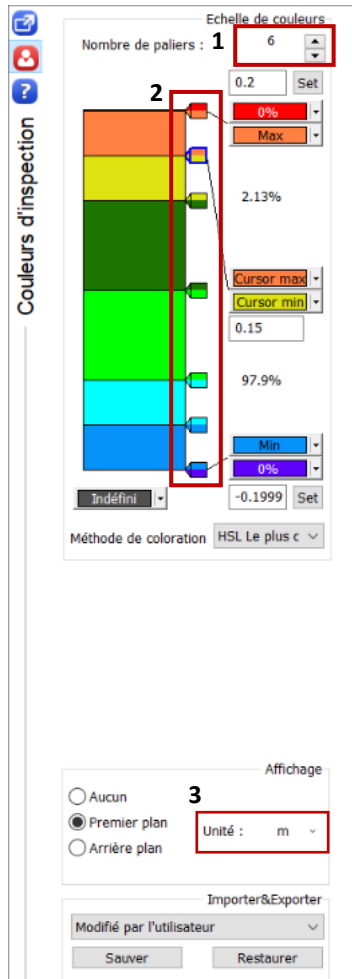


Figure 32. Palette des intervalles des couleurs

2.7. Analyse des profils

Pour réaliser une analyse comparative entre un profil théorique et un profil obtenu à partir d'un nuage de points, vous devez vous assurer d'importer :

- Le nuage de points (*format E57*)
- Le modèle 3D de l'ouvrage à analyser
- L'axe théorique ou les coordonnées des points du début et fin de l'axe (*CSV*)

Dans le cas où vous importiez les coordonnées des points de l'axe, tracer une polyligne joignant les deux points.

Une fois que toutes les données ont été importées, procéder au nettoyage du nuage de points à l'aide de la *boîte de clipping*.

Sélectionner le nuage de point (*étape 1*) en cliquant dessus, puis allez dans l'onglet « *Vue* » et cliquez sur « *boîte de clipping* »

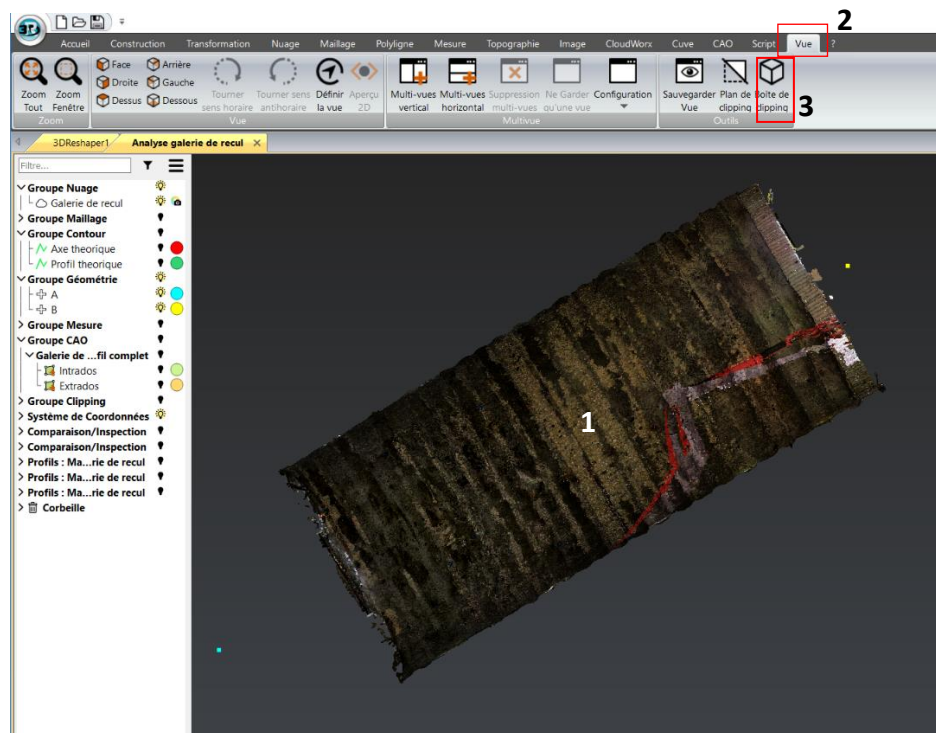


Figure 33. Procédure d'ouverture boîte de clipping.

Ajuster la *boîte de clipping* afin nettoyer correctement l'intérieur de l'ouvrage pour que les profils créés ne soient pas faussés.

Après le nettoyage du nuage de points, sélectionner les faces intérieures du modèle 3D et grouper-les sous un même nom (*Voir figure 29*).

Pour créer ce profil théorique, il est nécessaire de réaliser des sections planaires sur le modèle 3D.

Suivez les étapes suivantes afin de réaliser les sections planaires.

Sélectionner d'abord le modèle 3D ensuite accéder à l'onglet « Polygline »

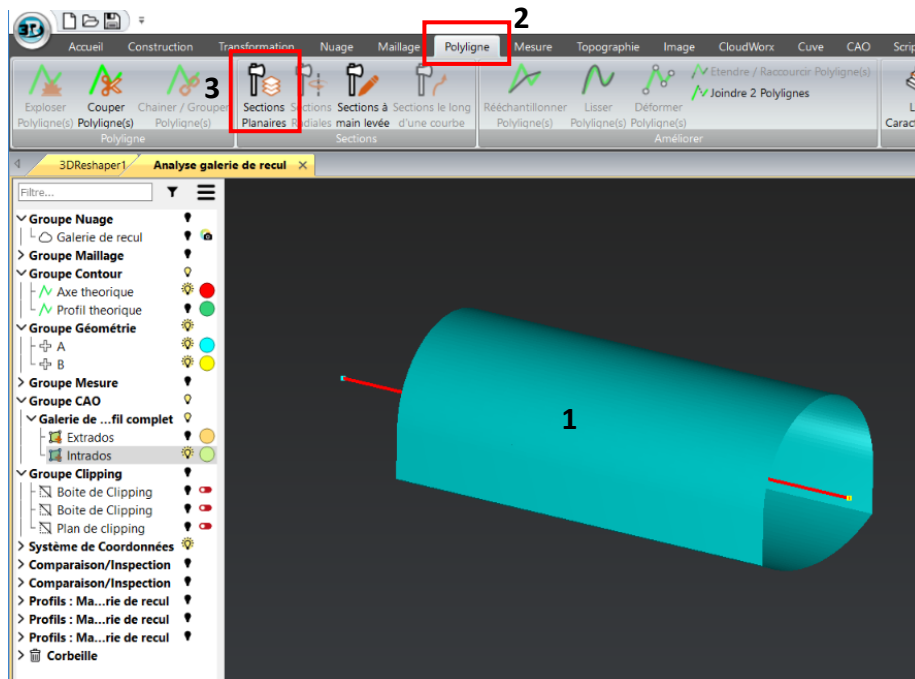


Figure 36. Procédure de création des sections planaires.

Ensuite, il sera nécessaire de déterminer un sens (*point 3 et 4*) pour la création des sections. La détermination du sens se fait en cliquant simultanément sur les deux points que forment l'axe. Les étapes à suivre sont les suivantes.

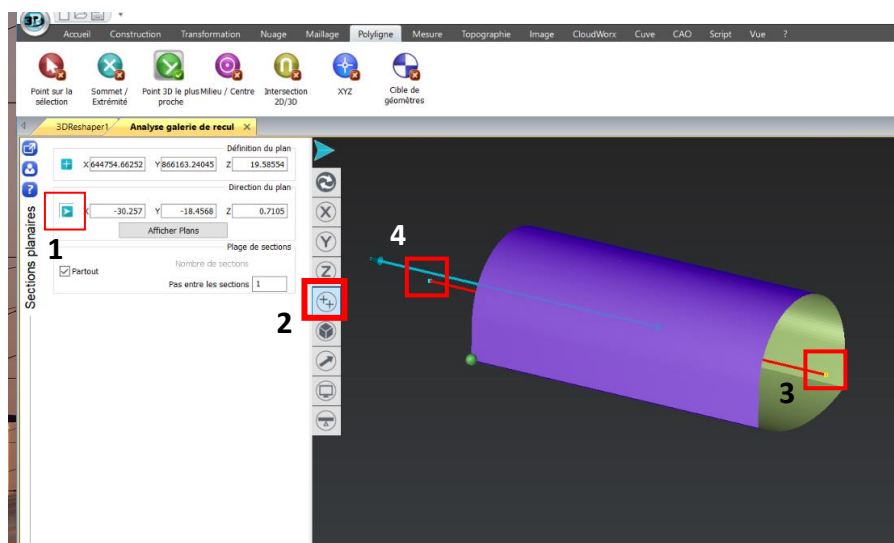


Figure 37. Création des sections planaires.

Une fois terminé avec les étapes 3 et 4, cliquer sur « [Aperçu](#) » et vous aurez le résultat suivant

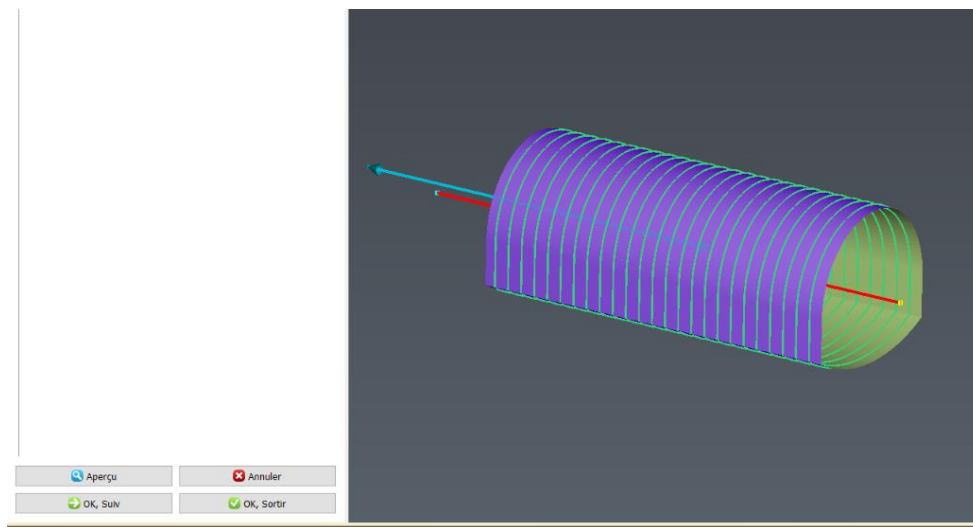


Figure 38. Résultats de la création des sections planaires.

Valider pour terminer

3D RESHAPER crée des profils autour d'un axe sur des nuages de points et des maillages. La création des profils sur des modèles 3D pose problème, mais cela est sûrement dû au format d'origine du modèle 3D, qui a été transformé avant d'être importé sur 3D RESHAPER.

Ainsi pour analyser nos profils, nous devons créer une extrusion avec le profil théorique et l'axe.

Ne garder qu'une seule section parmi les sections créée précédemment

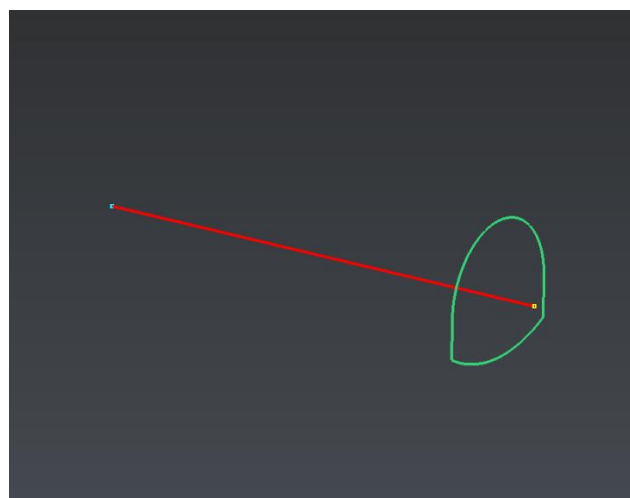


Figure 39. Préparation de la section et l'axe pour l'extrusion.

Sélectionner le profil et aller à l'onglet « *Maillage* », puis suivez les étapes ci-après

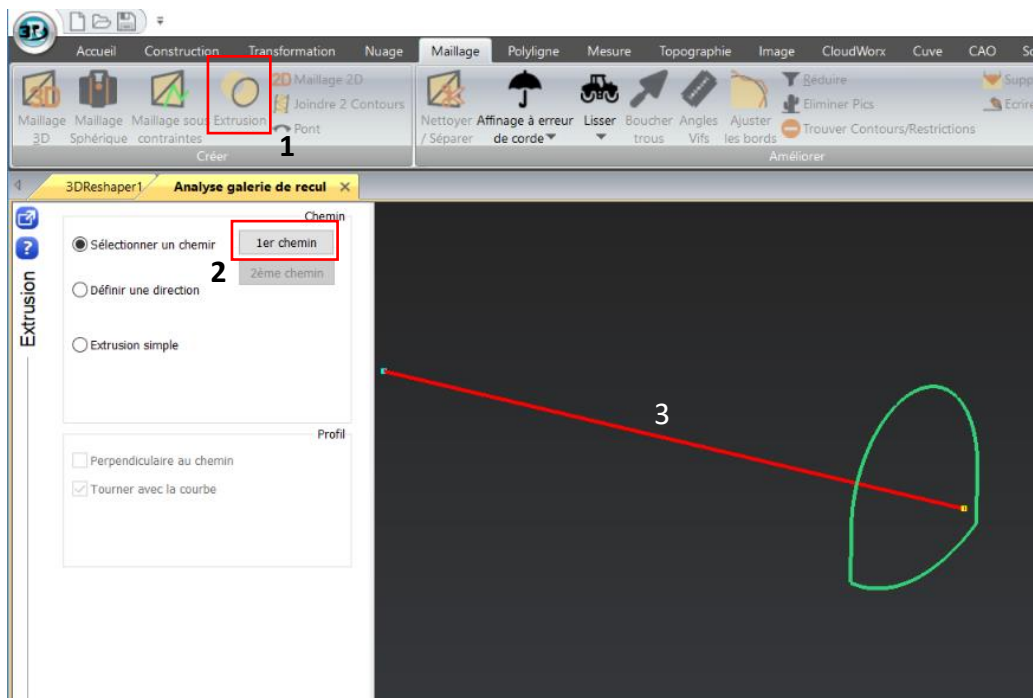


Figure 40. Procédure d'extrusion de la section planeaire.

L'étape 3 consiste à cliquer sur l'axe afin de déterminer le chemin d'extrusion. Si l'extrusion ne se fait pas dans le bon sens, il faudra sortir de l'onglet « *Maillage* », supprimer l'axe et le redessiner en choisissant le point opposé comme départ.

Après l'étape 3, cliquer sur « *Aperçu* » au bas de la page et vous devriez avoir le résultat suivant

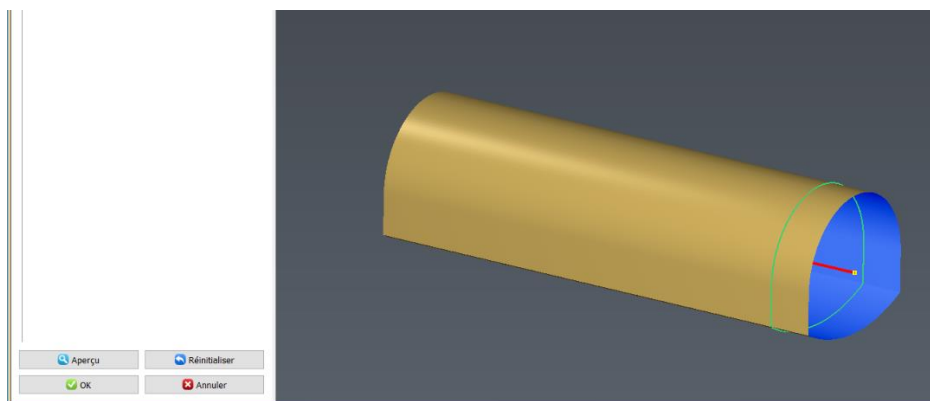


Figure 41. Résultat de l'extrusion.

Pour lancer l'analyse des profils, sélectionner le maillage créé, l'axe et le nuage de points et procédez tel que suit

Configurer les paramètres de calcul tels qu'ils apparaissent sur l'image à droite et cliquer sur « *Aperçu* » pour avoir un premier résultat.

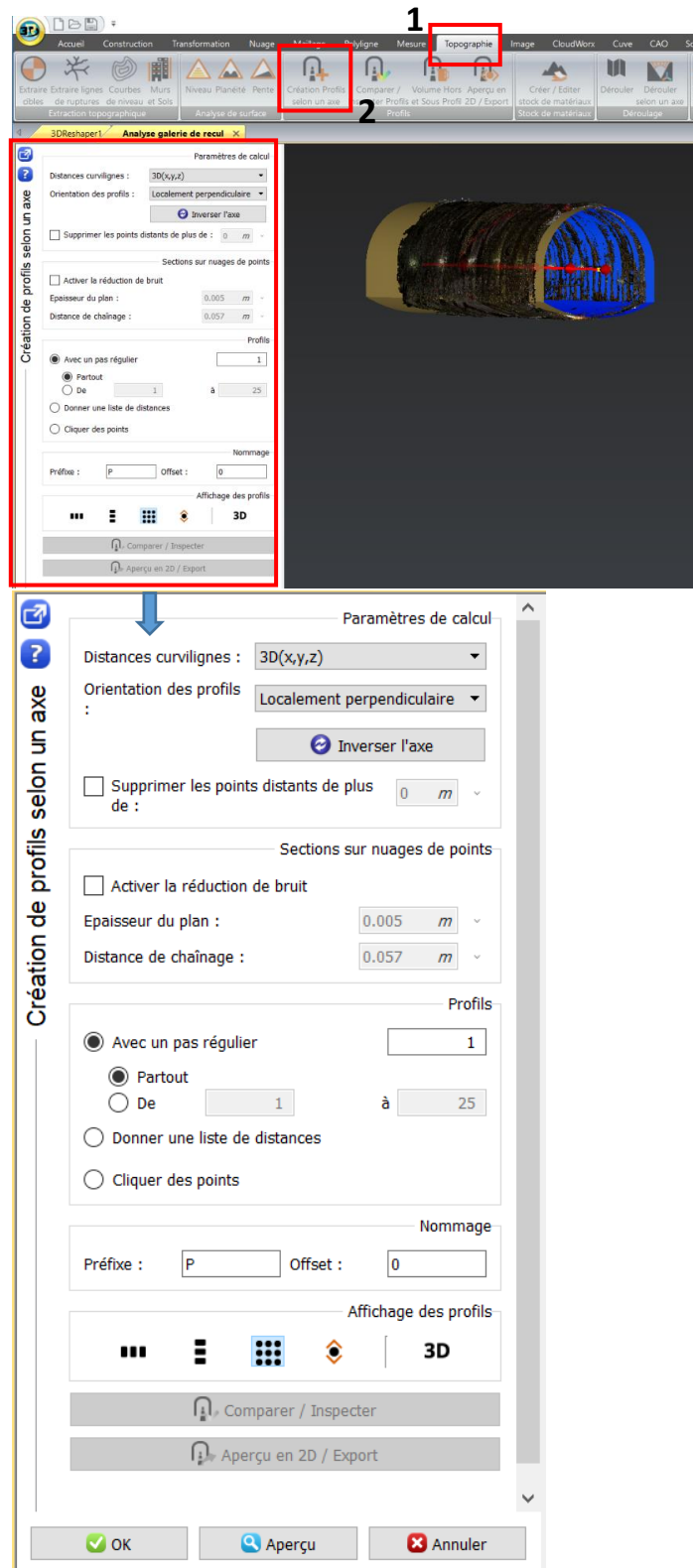


Figure 42. Procédure et paramètres de calcul pour l'analyse des profils.

Le résultat suivant apparaîtra. Cliquer ensuite sur « [Comparer/Inspector](#) » pour passer à l'analyse des profils.

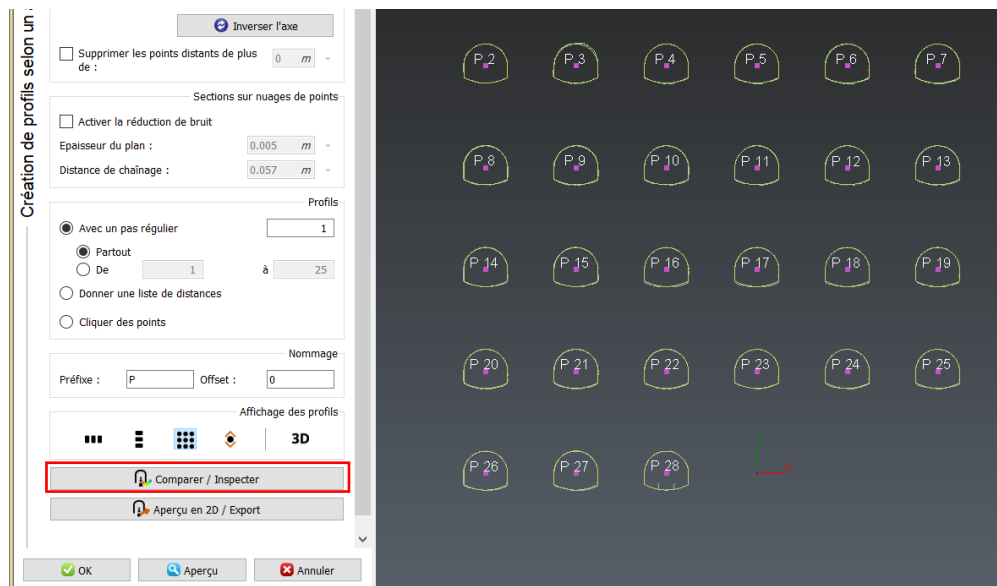


Figure 43. Procédure pour comparaison des profils.

La fenêtre suivante s'ouvrira. Configurer les paramètres tels qu'ils apparaissent sur l'image ci-après et cliquer sur « [Aperçu](#) » pour lancer l'analyse des profils

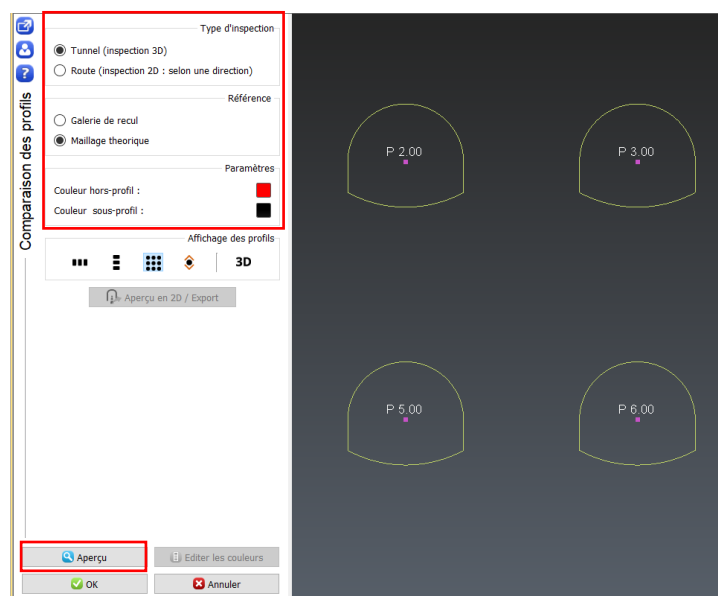


Figure 44. Paramètres pour la comparaison des profils.

Le résultat suivant apparaîtra, vous pouvez l'exporter en DXF pour l'utiliser sur un autre logiciel tel qu'AutoCAD.

Cliquer sur « [Ok](#) » pour terminer l'analyse.

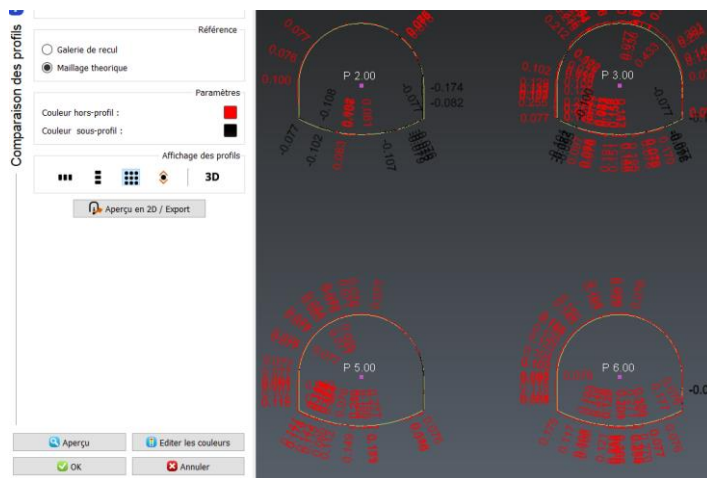


Figure 45. Résultat de l'analyse des profils.

2.8. Rapport d'analyse

Cette section regroupe les étapes nécessaires pour générer un rapport d'analyse.

Cliquer sur [la loupe encerclée](#) pour ouvrir l'éditeur des rapports

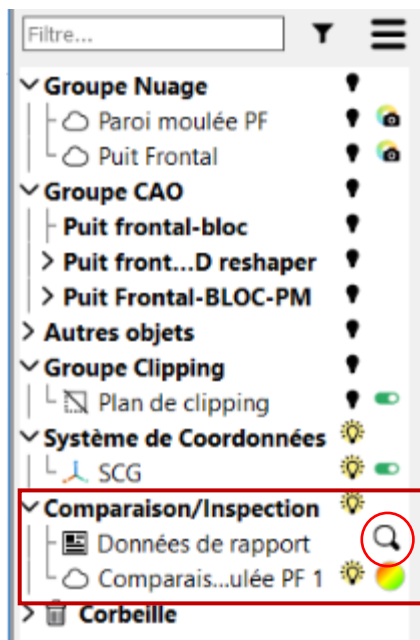


Figure 46. Palette pour ouvrir rapport d'analyse sur 3D reshaper

L'éditeur des rapports se présente de la manière suivante

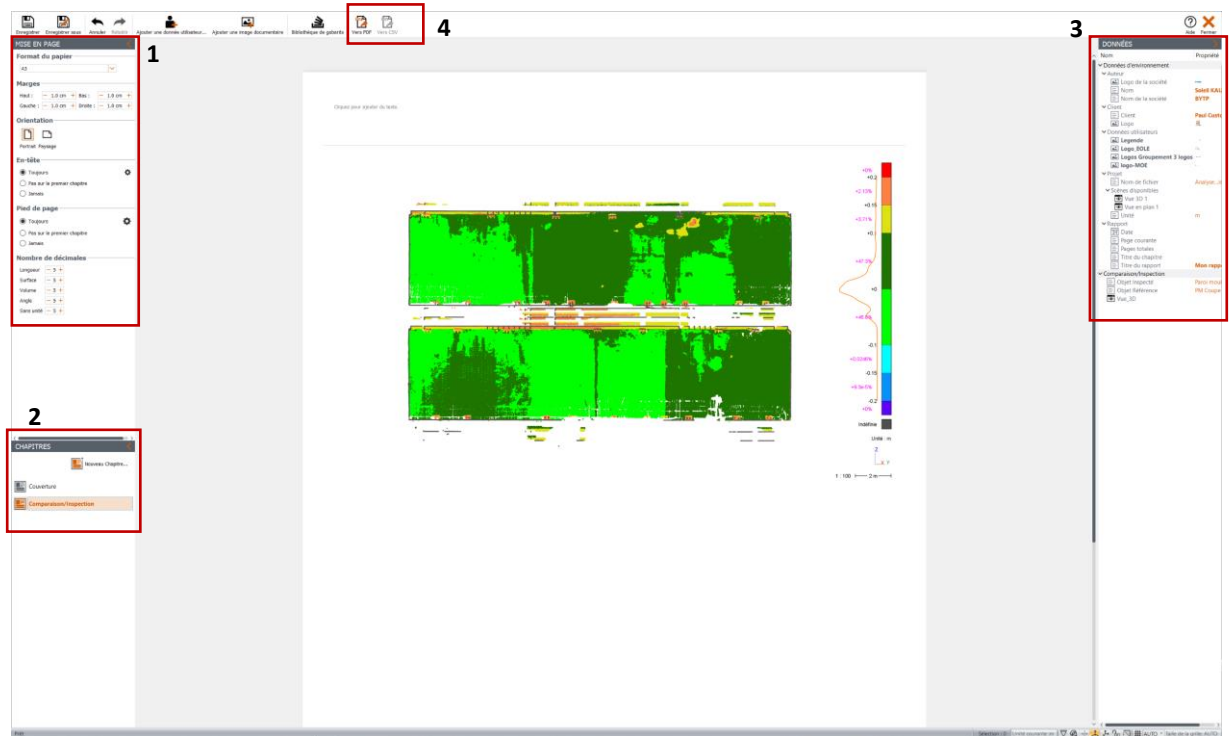


Figure 47. Editeur des rapports d'analyse sur 3D Reshaper

L'éditeur des rapports contient trois onglets importants (*Mise en page*, *Chapitres* et *Données*). Pour rajouter des informations sur la feuille de rapport, glissez les éléments se trouvant dans l'onglet *données* sur la feuille (milieu).

L'onglet *chapters* permet de rajouter des nouvelles pages et de définir un gabarit à appliquer pour chaque type d'analyse.

Pour rajouter des cases vides sur la feuille afin d'y insérer des *données*, positionnez le curseur sur l'un des bords de l'image et cliquez sur la croix qui apparaîtra.



Figure 48. Fenêtre pour ajout des présentations dans le rapport.

Une fois finit avec les configurations, exportez en pdf le document.