

Source : (<http://www.david-laserscanner.com>)

Etape 01 : Fabrication

Il existe de nombreuses méthodes pour la mesure sans contact de surfaces, et la reconstruction d'objets 3D, mais le plus souvent, elles requièrent des équipements complexes et coûteux. Malgré une augmentation très rapide de l'offre de solution performantes en terme de matériel et de logiciels, il existe une grande demande pour des alternatives " low cost ". David est une de ces solutions économiques pour l'acquisition de données 3D. Les seuls matériels requis sont: un simple pointeur laser du commerce, et une web-cam, ou une caméra standard en niveaux de gris.

Configuration hardware Requisite

PC: avec Windows 2000/XP/Vista/7 (32 ou 64 bit) et Microsoft .NET Framework 2.0 ou supérieur

Laser:

N'importe quelle source qui crée une ligne la plus fine et lumineuse possible. Un niveau laser à 10 euros, trouvé dans en grande surface de bricolage pouvant faire l'affaire.

Camera:

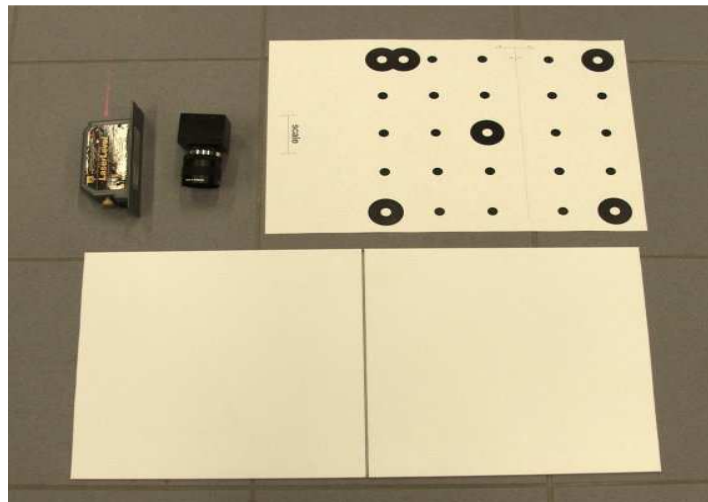
Le scanner fonctionne avec une Web-cam économique, même si bien sur, de meilleurs résultats sont obtenus avec une caméra haut de gamme. La couleur n'est nécessaire, que si vous souhaitez obtenir des textures colorées. Parfois, de meilleurs résultats peuvent être obtenus avec une caméra noir et blanc. La caméra doit fonctionner avec des drivers WDM.

Calibration Corner:

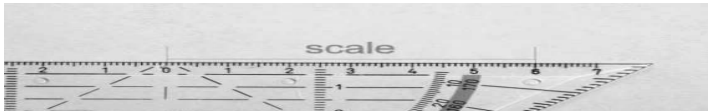
Un "calibration corner" est nécessaire pour la calibration de la caméra, et comme structure d'arrière plan pendant le scan. Il consiste en deux murs / plans positionnés avec un angle de précisément 90°. Pour la calibration de la caméra, vous trouverez des grilles de calibrations (calibration pattern) dans le répertoire d'installation de DAVID, grilles qui doivent être imprimées et collées sur les murs / plans.

Notice de construction

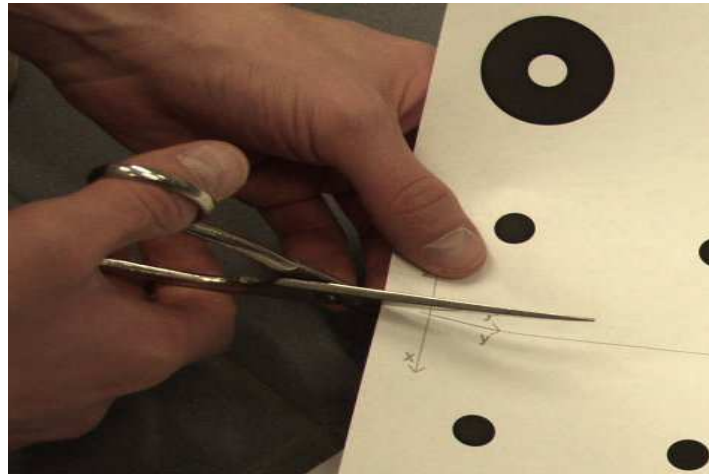
Les étapes suivantes montrent comment confectionner votre "calibration corner". Cet exemple est réalisé avec deux feuilles de plastique blanc rigide, du ruban adhésif, et une impression de la grille de calibration(choisie parmi les différents fichiers "Calibpoints... .pdf" fournis avec le soft DAVID). En théorie, il est possible d'agrandir ou de diminuer à volonté l'échelle de la grille de calibration lors de l'impression pour adapter au sujet à digitaliser.



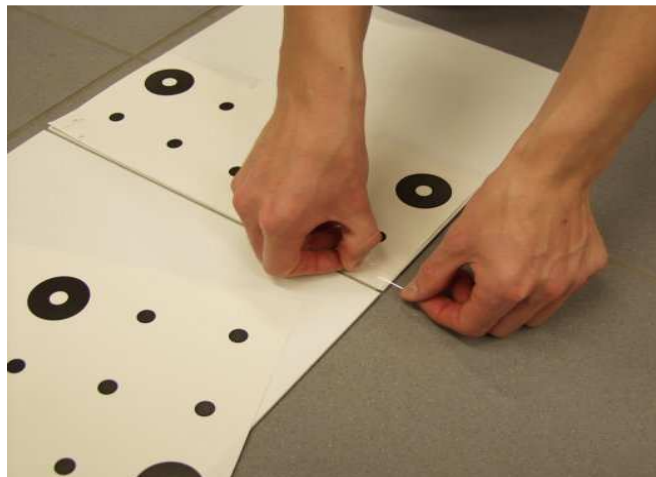
Mesurer précisément la longueur du repère "scale" sur l'impression. Cette donnée vous sera réclamée durant le processus de calibration de la caméra.



Découper l'impression très précisément sur la ligne fine, repérée par un symbole de ciseaux. Au final, il est important que les bords découpés des deux parties, se positionnent précisément bord à bord.



Coller les impressions sur les plans, de manière à ce que lorsque ils sont positionnés à 90° , les bords découpés se touchent très précisément bord a bord. Il est possible d'utiliser du ruban adhésif (mat , éviter le brillant), mais après quelques jours d'utilisation, le papier risque de se gondoler. Il est donc préférable d'utiliser de l'adhésif double face fin pour une meilleure longévité.



Utiliser un objet parfaitement rectangulaire pour positionner les deux plans à un angle précis de 90° . Les lignes grises du système de coordonnées, en bas de l'angle doivent être ajustées parfaitement l'une en face de l'autre. Le repère double, doit être positionné dans le champ de la caméra, dans l'angle en bas à droite !!!! Ces exigences doivent être conservées tout le temps de la calibration et du scan!!!



Vous pouvez assembler les plans à l'aide de ruban adhésif, ou mieux à l'aide de charnières vissées.



Utiliser un angle de murs

Alternativement, il est possible tout simplement d'utiliser l'angle d'une pièce, sous réserve que les murs soient bien plans, que leur angle soit précisément de 90° , et permette de positionner les grilles de repérage de manière à ce que leurs bords s'ajustent parfaitement. Se souvenir que le double repère doit être dans le coin bas-droit (du champ de la caméra).

Etape 02 : Paramétrage

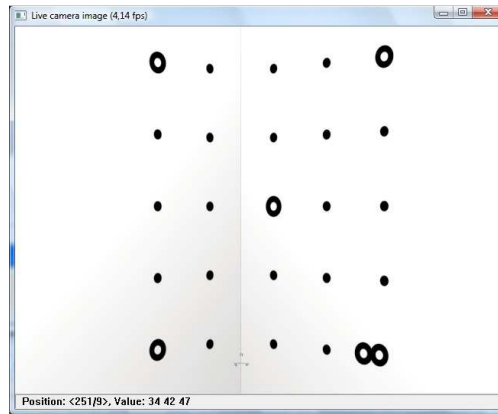
Calibration caméra

Télécharger et installer le logiciel DAVIDlaserScan3D :



Avant de scanner des objets, vous devez calibrer votre caméra. Les étapes suivantes vont vous guider dans le menu de calibration de DAVID:

- Vérifier que la caméra est connectée au PC, et que ses drivers sont correctement installés. Votre caméra doit supporter le WDM: Driver de capture vidéo pour Windows (par exemple [DirectShow](#) Driver).
- Cliquer sur la liste déroulante du haut, et choisir votre caméra. Si elle n'apparait pas dans la liste, essayer de la reconnecter, et de réouvrir la liste déroulante.. Après avoir choisi une caméra, Il vous sera demandé si vous autorisez DAVID à lire et modifier les paramètres caméra ([description](#)). Cette fonction améliore beaucoup le confort d'utilisation, en permettant de mémoriser et de naviguer parmi différents réglages de caméra: pour la calibration, le scan , et l'acquisition de texture. Par conséquent, cette fonction doit être activée à moins que l'on ne rencontre des problèmes. Au final, une nouvelle fenêtre s'ouvre, avec l'image "live" de la caméra.
- Si le format standard de l'image (par ex la résolution ou le nombre d'image par secondes (fps)) ne vous conviennent pas, vous pouvez les changer grâce au bouton "changer format".
- Positionner votre caméra en face du "calibration corner" (voir page démarrage), de telle manière que les grilles de calibrations soient entièrement visible dans le champ de la caméra. Le principe de calibration automatique demande une image avec un grand contraste (en général, les repères de calibration sont noirs sur fond blanc. si vous utilisez des repères blancs sur fond sombre, utiliser la fonction "impression négative"). Pour obtenir un contraste adéquat, vous devez ajuster les réglages caméra (en cliquant le bouton "réglages caméra", et/ou en ajoutant une source de lumière). Une image optimale doit ressembler à ceci:



A coté des 25 repères de calibration, il ne doit pas y avoir dans le champ de la caméra, d'autres objets (zones de l'image) trop sombres.

Généralement, vous pouvez sauter le point 5.

1. **a) OPTIONNEL: utiliser la gomme** pour améliorer votre image de calibration. Si le mode automatique échoue, regarder le message d'erreur. Souvent DAVID trouve trop de repères de calibration. Vous pouvez facilement aider DAVID en utilisant le mode "Gomme". Utiliser alors le bouton de gauche de la souris, pour "nettoyer" l'image de la caméra des faux repères (zones sombre de l'image). Vous pouvez "rétablir" avec le bouton de droite. L'image ci-dessous montre une image non optimum, ou l'utilisateur a effacé des zones sombres (blanc brillant).

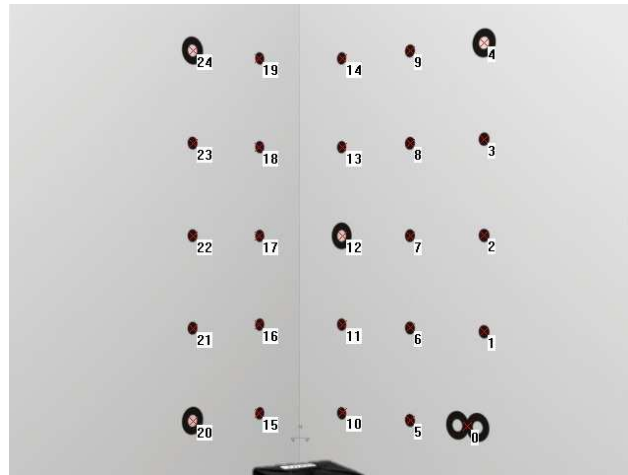


b) AVANCÉ : Mode calibration manuelle (pas recommandé)

Si vous avez un environnement très difficile, ou même le mode gomme est sans aide, vous pouvez définir vous même les positions des repères. Sélectionner le mode manuel. Utiliser la souris pour définir les points de calibration:

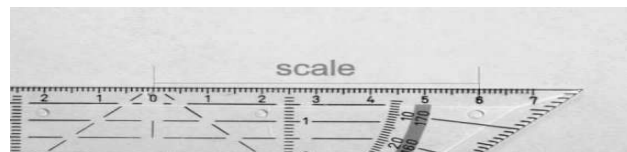
- Bouton gauche souris: sélectionner un repère (clic) ou déplacer le repère sélectionné (clic+maintien).
- Bouton droit de la souris: ajouter un nouveau repère (*derrière le repère sélectionné*).
- Bouton central de la souris: Retire le repère sélectionné.

L'ordre (0-24) est très important! il doit être identique à celui de l'image suivante:

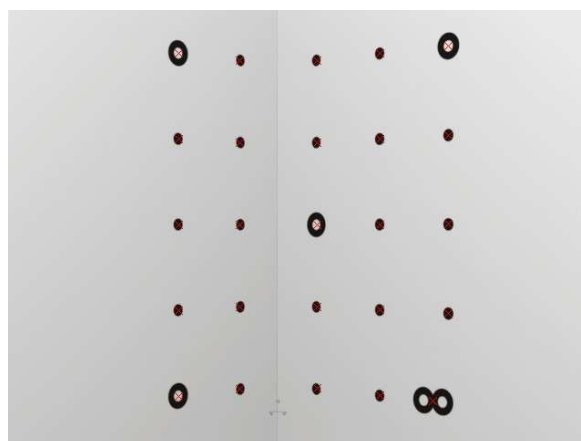


Vous devez positionner précisément les points au centre de chaque repère.

- Assurez vous que l'échelle d'impression de votre grille de calibration est correcte. La valeur entrée dans la case " échelle (mm)" et la distance relevée entre deux repère de calibration doit correspondre exactement.



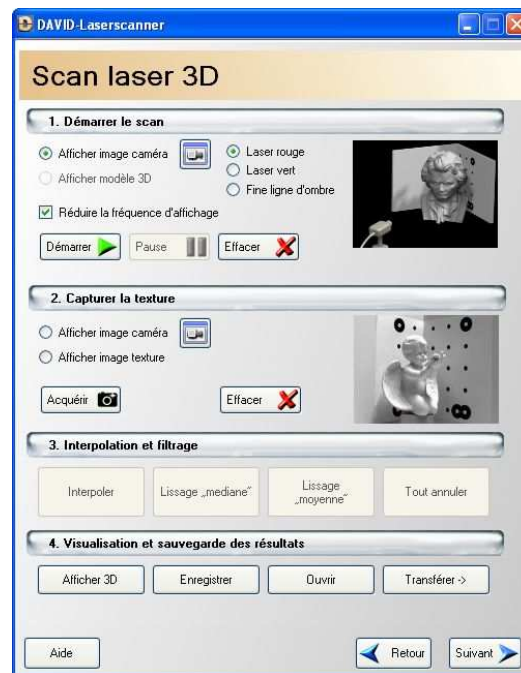
- Cliquer la bouton "Calibration caméra". Si la calibration est réussie, vous devez voir des petites croix rouges dans l'image live, qui matérialisent le centre des repères de calibration:



Si la calibration échoue, d'abord essayer de réajuster les réglages caméra (ouverture, exposition, conditions d'éclairage). Utiliser le mode gomme pour nettoyer les zones "sales" afin que les 25 repères soient les seules zones sombres de l'image. (voir étapes 4 et 5). Le message d'échec de la calibration devrait vous aider à trouver le problème.

- Cliquer le bouton "Suivant" pour passer à: [menu scan](#).

Etape 03 : Scanner



Après avoir calibré la caméra (voir [Calibration caméra](#)) vous pouvez commencer à scanner. Les étapes suivantes vous guiderons dans le boîte de dialogue “scan” de DAVID:

1. Placer l'objet que vous voulez scanner entre la caméra, et le “calibration corner” (proche du calibration corner). Il doit être visible au centre du champ de la caméra. La calibration corner doit être visible à droite et à gauche de l'image:

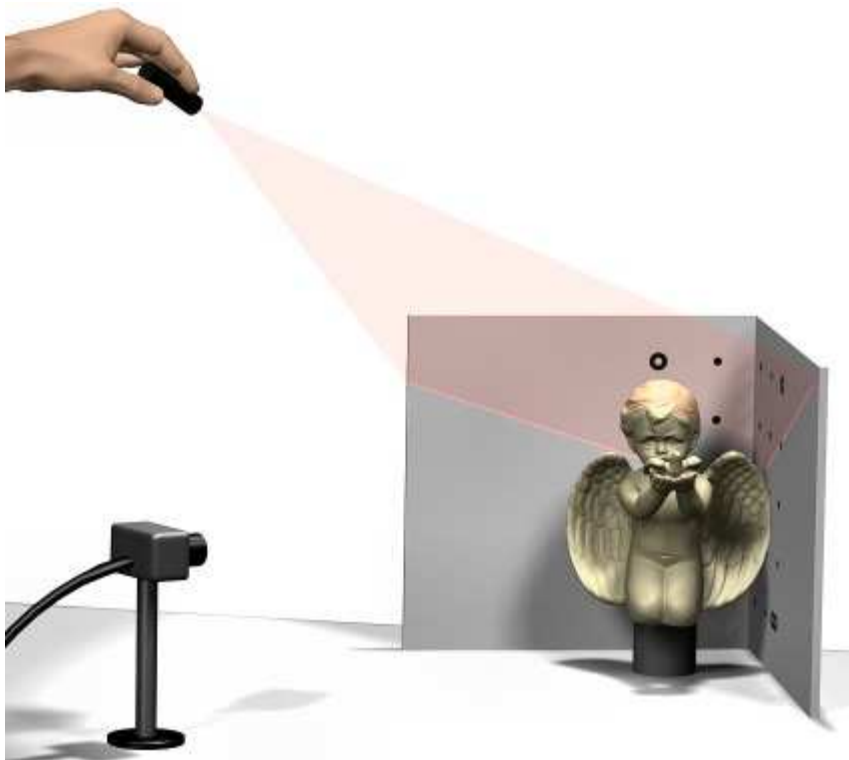


2. Mettre en route le laser, et le pointer sur la scène. Ajuster les paramètres de la caméra (ouverture, exposition), la position du laser, et les conditions d'éclairage de la pièce, de manière à ce que la ligne laser soit claire, brillante et visible, alors que le reste de l'image est le plus sombre possible:



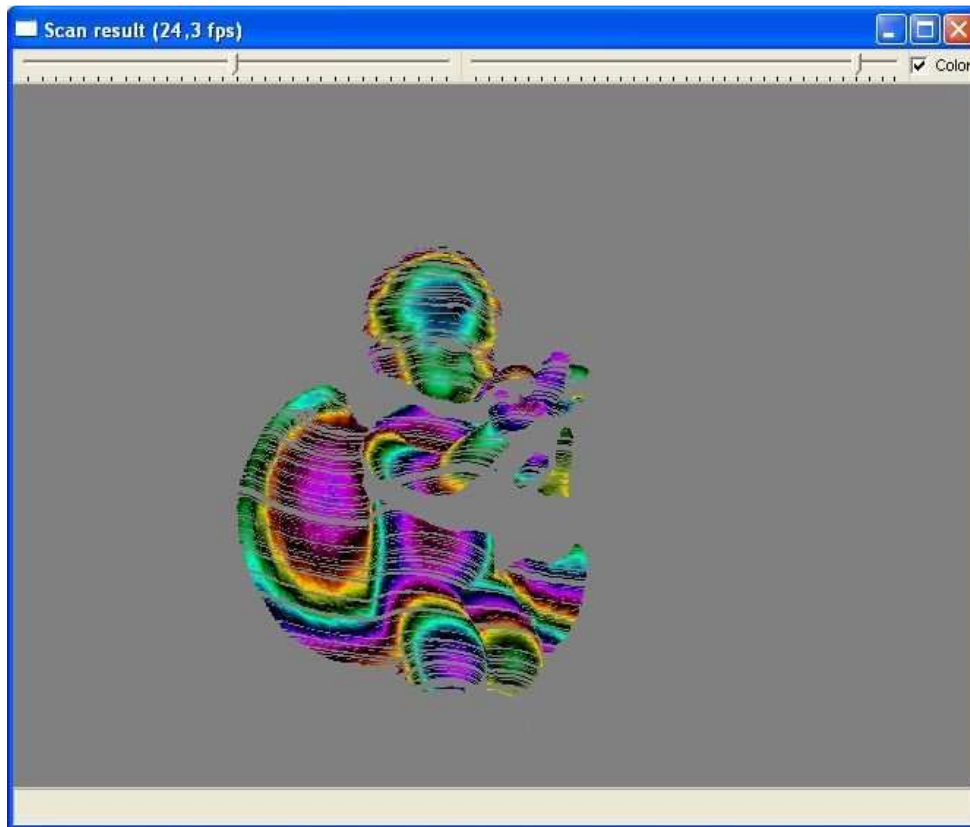
En outre, il est important de déconnecter tous les modes automatiques d'amélioration d'image de la caméra (comme auto-exposition, gain auto, balance des blancs auto...).

3. Les conditions d'éclairage de la pièce ne doivent pas changer significativement à partir de maintenant!
4. Eteindre le laser (ou tout au moins le pointer à l'extérieur de la scène), puis presser "Démarrer" !
5. Allumer le laser, le prendre à la main, puis scanner la pièce, en la balayant avec la ligne laser:



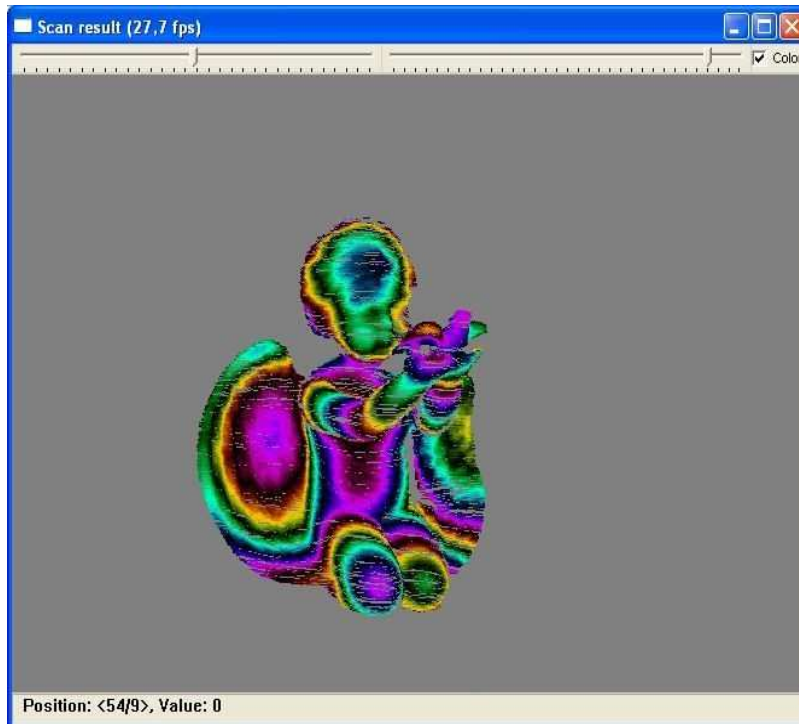
6. Quelques points très importants:

- la ligne laser doit être visible sur le "calibration corner" à la droite et à la gauche de l'image, et sur l'objet au centre, EN MÊME TEMPS.
- La distance entre la caméra et le plan du laser (c'est à dire l'angle de triangulation) doit être aussi élevé que possible pour une bonne précision. Sinon, vous aurez un message "ANGLE D'INTERSECTION TROP FAIBLE"
- Suivant vos réglage d'exposition sur la caméra, vous serez peut être obligé de limiter votre vitesse de balayage laser.
- Dans la fenêtre "résultat de scan", vous pouvez à tout moment visualiser quelle parties du sujet vous avez scanné, et ou vous devez "balayer" de nouveau:

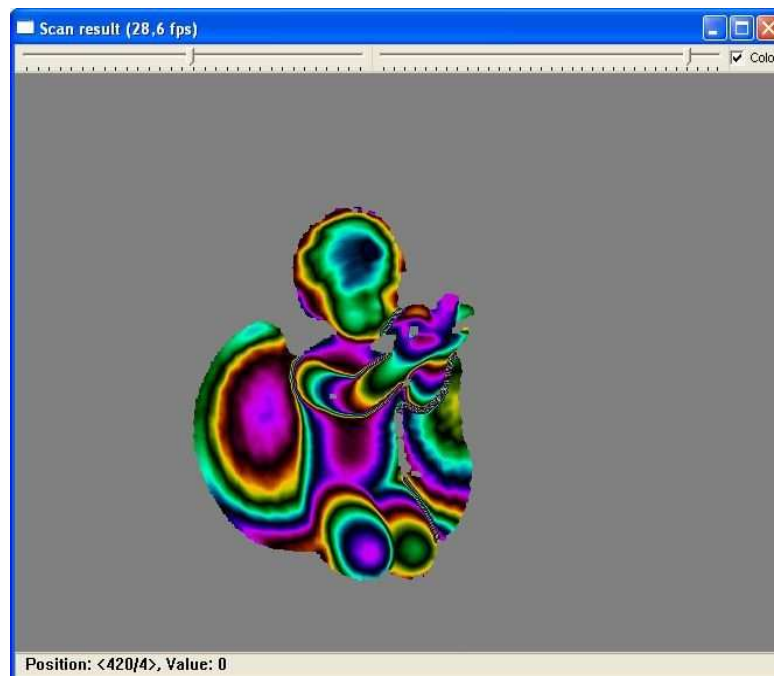


La couleur des pixels dans cette vue est définie automatiquement; elle symbolise la distance entre la surface correspondante et la caméra! Cette distance sera aussi affichée dans la barre d'état de la fenêtre "résultat de scan" quand vous déplacez le pointeur de la souris sur la vue (bas de la vue, "value", en mm).

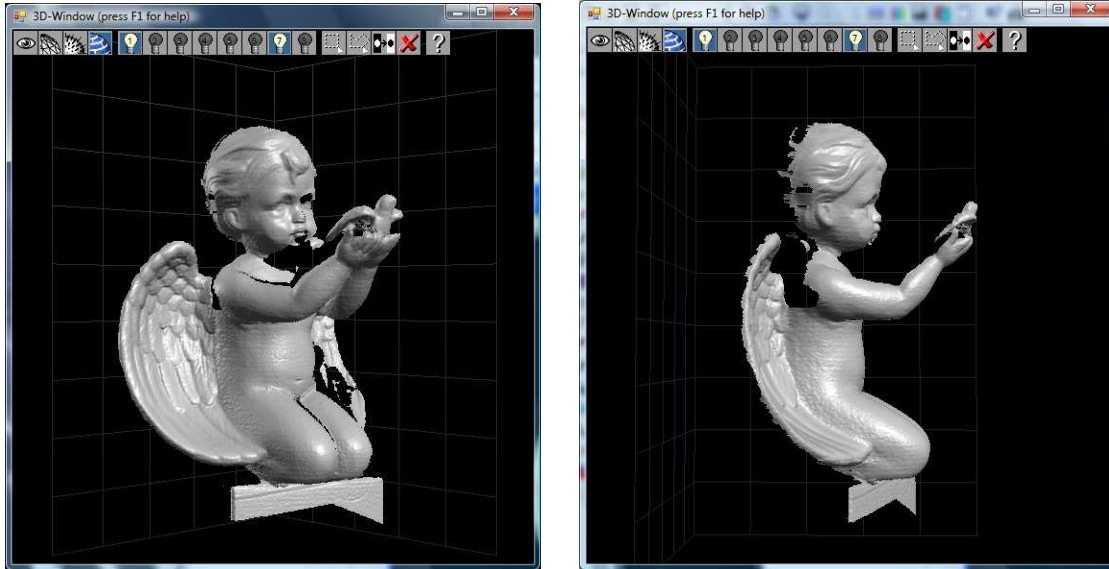
- Vous pouvez scanner autant de fois et aussi longtemps que vous le désirez. Théoriquement, vous pouvez déplacer manuellement votre laser autour de la pièce, comme vous le désirez, mais pratiquement, les meilleurs résultats sont obtenus en gardant la même position, et en le faisant juste pivoter.
- dans la plupart des cas, il est inutile de scanner TOUS les pixels de l'objet (voir image suivante pour un résultat de scan "suffisant")



- Après le scan, dans la plupart des cas, il est utile d'utiliser les filtres de lissage et d'interpolation, en cliquant les boutons correspondants. L'effet de ces filtres peut ne pas apparaître immédiatement dans la fenêtre "résultat du scan", mais ce sera le cas dès que vous "rafraichirez" l'image (voir étape suivante). Si vous n'êtes pas satisfait du résultat, vous pouvez à n'importe quel moment annuler les étapes de filtrage, et donc restaurer le scan initial afin de pouvoir retester d'autres réglages.



- Pour voir ou updaten l'objet scanné, cliquer sur le bouton "Montrer 3D". Dans la vue 3D, utiliser le bouton de droite de la souris pour faire pivoter l'objet. On peut aussi utiliser le bouton de gauche et la molette pour zoomer la vue. Presser F1 pour obtenir une liste des touches de fonction.



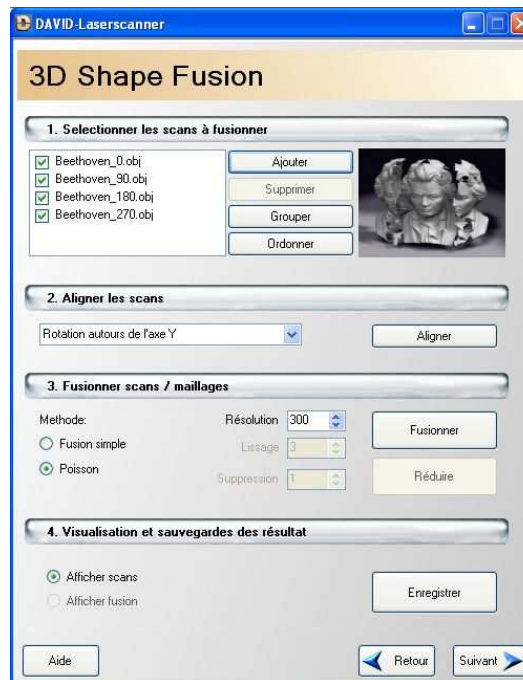
9. Vous pouvez continuer a scanner indéfiniment, ou recommencer en pressant la touche “Effacer”
10. quand vous êtes satisfait du résultat, vous pouvez exporter vos données de scan dans un fichier .OBJ, en cliquant la touche ” Enregistrer”. L'extension Wavefront .OBJ est un format standard de maillage, reconnu par un grand nombre d'applications 3D. Les coordonnées des “nœuds”, et la liste des triangles sont stockés dans un fichier full text. (Si vous désirez un format différent, il est aisé de convertir un fichier OBJ à l'aides d'outils gratuits dispo sur le net).

Texturer votre objet

Pour obtenir une texture de haute qualité, vous devrez prendre garde a maintenir un éclairage uniforme. Le plus adapté étant un éclairage diffus, ne causant pas de réflexions, ni nuances, ni ombres sur la scène. Ces conditions remplies, vous pouvez mémoriser un “shot” de la caméra en cliquant le bouton “Acquérir”, et l'utiliser pour texturer votre scan 3D (c'est à dire le colorer). Si vous voulez visualiser le résultat, il faut réouvrir la vue 3D en cliquant “Afficher 3D”. DAVID sauve les coordonnées de texture dans le fichier .OBJ. Ces coordonnées de texture seront utilisées par les logiciels 3D tiers, pour mapper l'image caméra sur l'objet. A chaque fois que vous sauvegardez le fichier, DAVID vous demandera si vous voulez ou non sauver aussi la texture. La texture sera enregistrée sur le même nom que le fichier .OBJ, mais avec l'extension .BMP.

Alternative au laser: la ligne d'ombre

Au lieu d'utiliser une ligne laser, c'est a dire projeter une ligne lumineuse sur un objet, vous pouvez aussi projeter une ligne sombre: utilisez une source d'éclairage très lumineuse pointée sur le sujet, et déplacez par exemple une corde entre les deux, de manière a projeter une fine ligne d'ombre sur le sujet (la corde ou autre, ne doit pas être directement visible dans le champ de la caméra. Pour utiliser cette fonction, vous devez sélectionner “Fine ligne d'ombre” dans la boîte de dialogue “scan” Il est très important que la ligne soit vraiment droite et aussi nette que possible. Il faut donc une lumière ponctuelle ou a faisceau parallèle: par exemple redressée par une lentille.

Etape 04 : Traitement**Shape Fusion**

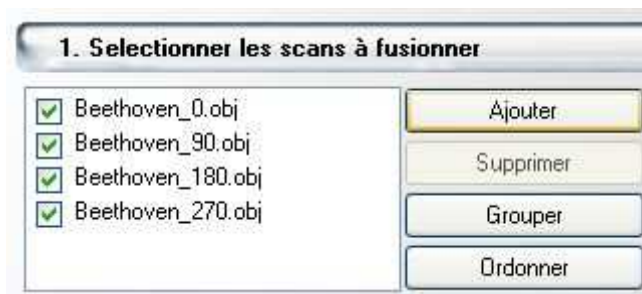
DAVID-Shapefusion permet un alignement aisé, et la combinaison de scans 3D issus de différents points de vue. C'est bien plus qu'un simple outil d'assemblage, car il combine:

- Un outil de suppression des vecteurs isolés simple d'emploi et paramétrable,
- Un outil automatique ou semi automatique d'alignement,
- Un outil de fusion de surface et de texture, avec réduction de bruit, peu sensible au vecteurs isolés

Le résultat est un maillage (triangles) lissé, texturé sur 360° de votre modèle 3D original.

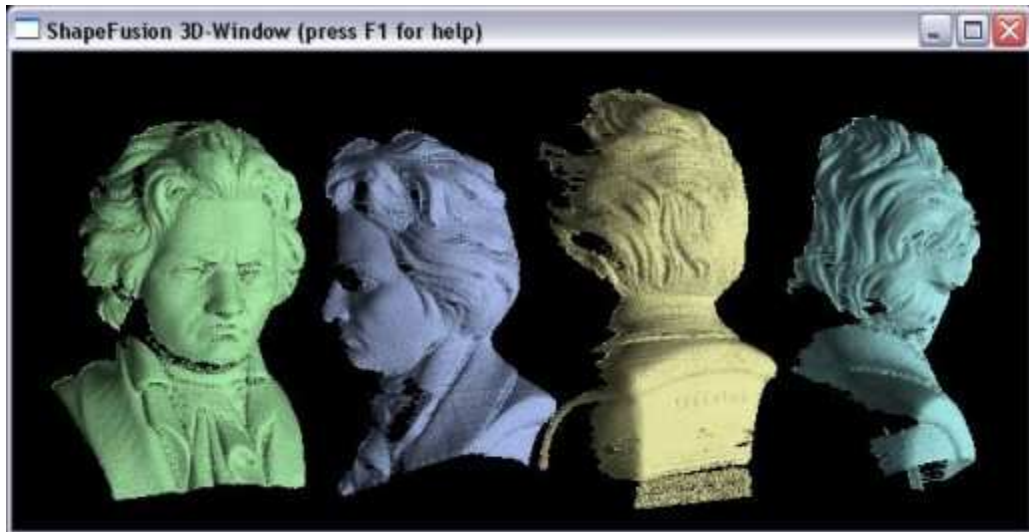
Les étapes suivantes, vont vous guider au travers du menu de fusion de DAVID:

1. Premièrement, vous devez ajouter à la liste d'entrée, un ou plusieurs scans de votre modèle, en cliquant sur le bouton "ajouter":

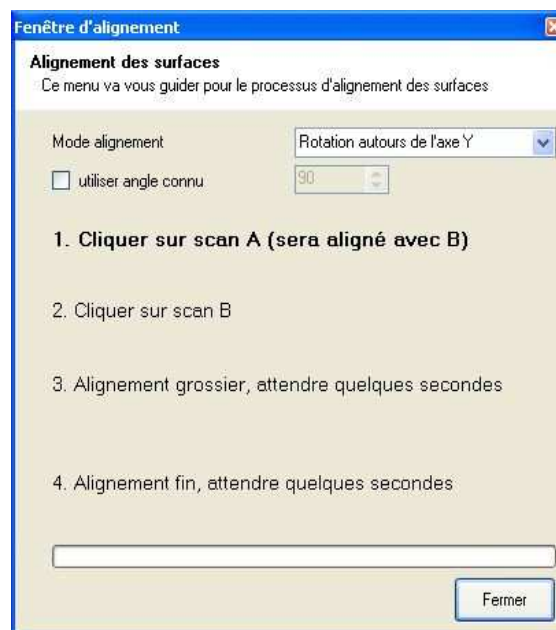


Alternativement, vous pouvez remplir cette liste en utilisant la fonction "Transférer ⇒" vos résultats de scan du menu [Scan Laser 3D](#).

2. Après avoir ajouté vos scans dans la liste d'entrée, vous pouvez utiliser la fonction "ordonner" pour les aligner côtes à côtes:



3. En activant ou désactivant les cases à cocher de la liste des noms, vous pouvez envoyer les scans dans la vue 3D.
4. Si vous le souhaitez, vous pouvez nettoyer vos scans avec l'[Outil de nettoyage manuel](#). A cette occasion, vous pourrez supprimer sélectivement les portions de surface qui ne sont pas utiles pour les étapes suivantes d'alignement!
5. L'étape suivante est l'alignement des scans. Presser le bouton "aligner" pour ouvrir la boîte de dialogue "Alignement" de DAVID Shape-fusion:

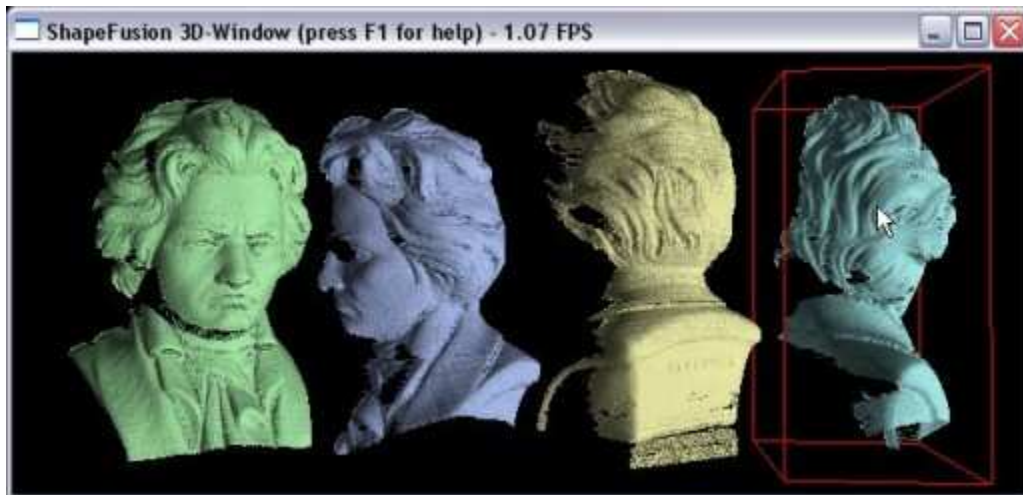


Dans ce menu vous pouvez choisir parmi 6 mode d'assemblage par paire différents: 'Rotation libre', 'Rotation autour de l'axe X', 'Rotation autour de l'axe Y', 'Rotation autour de l'axe Z', 'Alignement manuel', 'Alignement fin seul'. Avec le mode "Rotation libre", l'ordinateur va réaliser un alignement grossier deux scans à la fois, sans aucune contrainte géométrique ni en rotation, ni en translation. Plus précisément, le logiciel recherche la position relative des deux scans qui maximise la surface de contact.

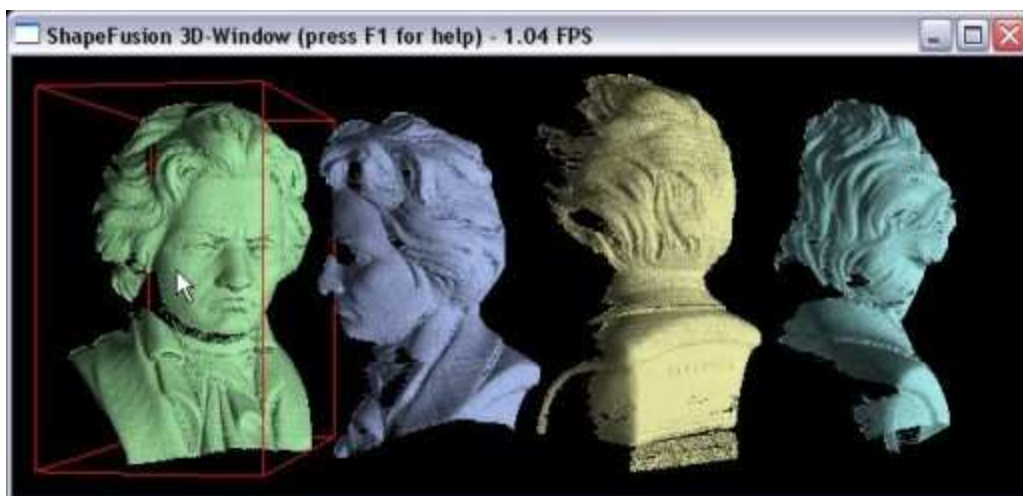
Cette maximisation de la surface de contact sans contrainte marche dans la plupart des situations, mais pas toujours. Les 3 modes suivants sont relativement similaires aux précédents, sauf que la position relative est contrainte. Par exemple, le mode 'Rotation autour de l'axe Y' considère que votre objet a été mis en rotation autour d'un axe parallèle à l'axe Y du système de coordonnées (l'axe des Y est l'axe vertical quand vous utilisez DAVID pour scanner) et qu'il n'a pas non plus été translaté suivant cet axe Y. Le centre de rotation reste lui, non contraint, ce qui signifie que vous n'avez pas

besoin d'une table rotative précise, mais simplement de pivoter votre objet manuellement. Après avoir choisi le mode d'alignement, la boîte de dialogue "alignement" va vous guider pour la suite des opérations.

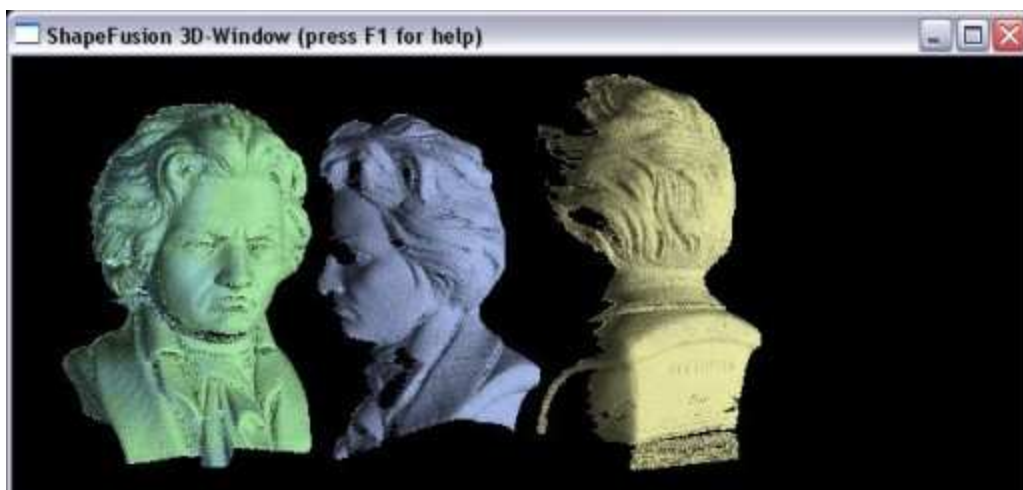
6. Dans le cas de notre buste de Beethoven, nous avons fait tourner le buste autour de l'axe Y, et donc choisi le mode 'Rotation autour de l'axe Y'.
7. L'étape 1 de la boîte de dialogue "alignement" nous demande de cliquer sur le scan que nous voulons aligner. après avoir cliqué, une boîte rouge apparaîtra autour du scan choisi:



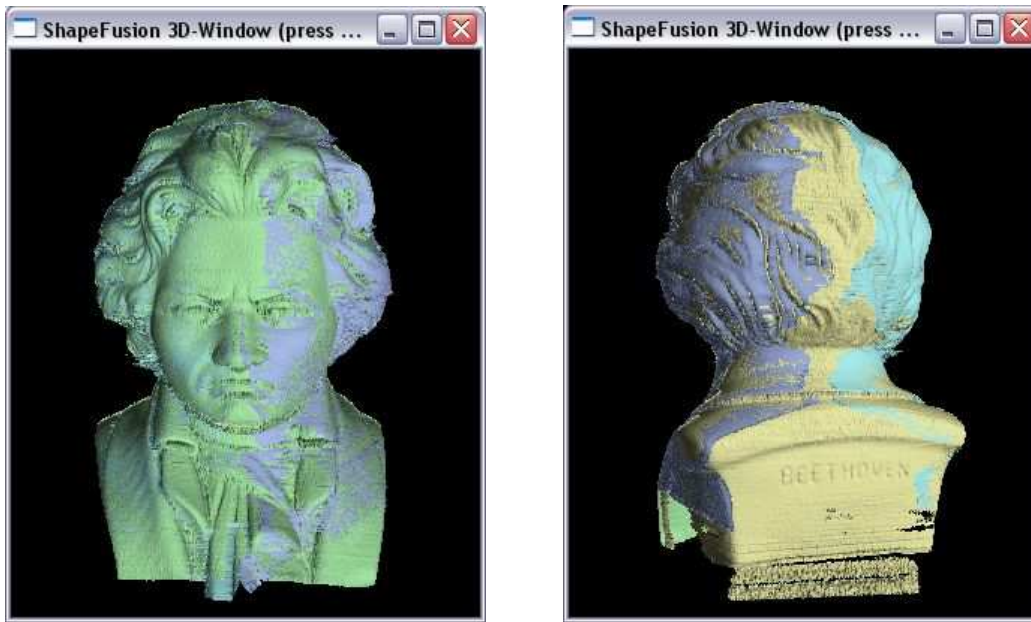
8. Cliquer sur le second scan que vous souhaitez aligner au premier...



l'alignement grossier démarre. Après quelque secondes; les scans sont alignés:

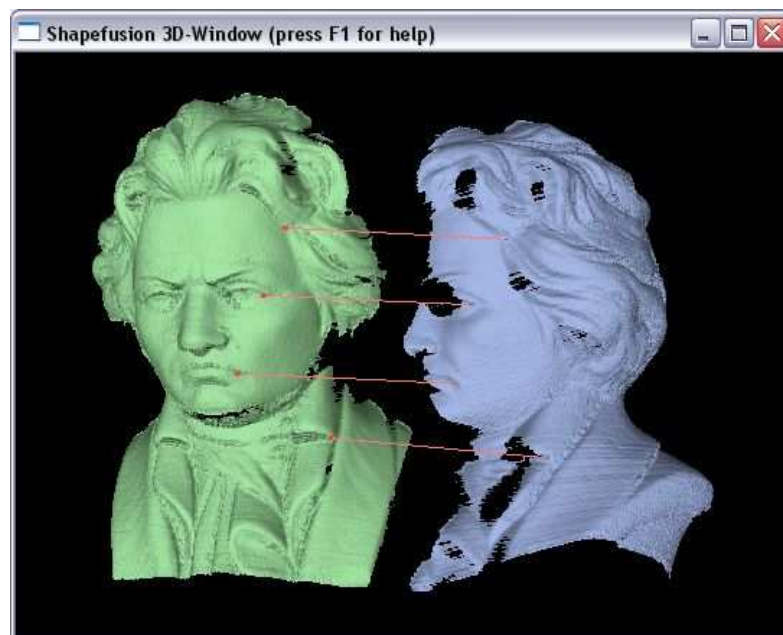


9. Répéter cette procédure pour tous les autres scans. Après cela, votre modèle doit ressembler à ceci:



Noter que l'alignement de surface doit être très précis, pour obtenir des résultats corrects lors de l'opération de fusion. Un alignement précis est caractérisé par de nombreux points d'interpénétration des surfaces (la couleur des surfaces imbriquées doit scintiller lorsque vous tournez l'objet dans la vue 3D).

10. Si l'alignement n'a pas fonctionné de manière satisfaisante, réessayer une autre fois. Comme la méthode est basée sur un algorithme aléatoire, il y a de forte chance pour que cela fonctionne au deuxième ou troisième essai. Si cela n'a pas solutionné le problème, vous pouvez utiliser le mode "alignement manuel", ou vous pouvez faire un alignement manuel des scans dans la vue 3D (déplacer/pivoter les scans avec les boutons gauche/droit de la souris, tout en maintenant la touche CTRL enfoncée) et utiliser le mode "alignement fin seul". Le mode alignement manuel vous permet de spécifier au moins trois paires de points de correspondance qui seront en contact après alignement:



Dans certains cas, il peut être difficile de trouver trois points de coïncidence précis. Dans ces cas, il est très utile de s'aider de la texture de l'objet (voir dernier § de [Scan Laser 3D](#) pour des informations sur la méthode d'acquisition de texture). DAVID-Shapefusion charge et affiche la texture lorsque vous ajoutez un scan texturé. Si la texture n'apporte pas de points identifiables supplémentaires, vous pouvez coller des repères perso sur l'objet avant d'acquérir la texture.

11. Après quelques étapes d'alignement, cela peut être une bonne idée de grouper deux ou plusieurs scans alignés. Sélectionnez les scans désirés dans la liste de sélection (presser et maintenir la touche CTRL tout en cliquant dans la liste) puis cliquer "grouper". Ceci vous permet de grouper vos scans ensemble, et de les utiliser comme un scan unitaire. Par exemple, pour notre exemple Beethoven, nous avons groupé les trois premiers scan, juste avant d'aligner le dernier. De cette manière le dernier scan est aligné avec tous les autres scans, et non seulement avec le premier et le troisième.

Pour dégrouper des scans, sélectionner dans la liste avec le bouton de droite de la souris, puis cliquer "dégrouper".

12. Si nécessaire, vous pouvez nettoyer vos scans des surfaces non désirées avec l'[Outil de nettoyage manuel](#).
13. Après avoir nettoyé et aligné précisément les scans, on peut passer à la fusion des maillages. Presser simplement le bouton "Fusionner" et attendre quelques secondes ou minutes pour visualiser le résultat.



David n'inclura pas dans la fusion les scans invisibles (ceux qui ne sont pas désélectionnés dans la liste).

14. Le résultat dépend fortement des paramètres appelés: 'Résolution', 'Lissage', 'Suppression'. Nous vous recommandons par conséquent d'essayer différents réglages. Commencer avec une faible résolution (par ex 100), car à ce niveau de finesse, la fusion est plus tolérante envers les alignements imprécis, le bruit et les segments isolés. Une haute résolution signifie un temps de calcul plus élevé, et des maillages plus imposants (plus de triangles). Si votre fusion est "trouée" et mal fermée à une haute résolution, vous devez augmenter le niveau du paramètre "lissage". De même, démarrer avec un réglage de "lissage" bas, et augmenter pas à pas jusqu'à un résultat satisfaisant.
15. Depuis la version 1.5 de DAVID-Shapefusion, nous avons implémenté une autre méthode de fusion: "poisson", qui a certains avantages par rapport à la méthode "simple":
- Pas besoin de régler "Lissage" et "Suppression",
 - Tous les trous sont bouchés, le modèle obtenu est fermé, "étanche",
 - Meilleur traitement des angles vifs
 - Une plus grande robustesse en cas de bruit, et de scans mal alignés.
- quelque inconvénients mineurs toutefois: un temps de traitement plus élevé, et un léger flou sur les détails fins à iso nombre de facettes.
16. Si vous utilisez la méthode de fusion simple, vous pouvez cliquer sur "Réduire" plusieurs fois successivement pour éliminer les bords mal nettoyés

17. Si vos scans possèdent des textures, celles-ci seront aussi fusionnées. Les zones de surface sans texture (par ex les trous rebouchés par la méthode poisson) seront colorées en rose.
18. Si nécessaire, vous pouvez aussi nettoyer le scan fusionné, à l'aide de l'[Outil de nettoyage manuel](#).
19. Le bouton “Enregistrer” ouvre une boîte de dialogue qui vous permet de choisir parmi divers format de fichiers: *.OBJ, *.PLY, et *.STL. Vous pouvez choisir de sauver votre résultat de fusion, ou vos scans 3D alignés et filtrés. Attention, la fonction de sauvegarde n'est pas activée dans la version d'essai gratuite de DAVID.