

Utilisation de la plateforme

Par Arnaud Schenkel – ULB-USINE (v1 - Septembre 2021)

La plateforme, développée dans le cadre du projet **USINE : Usages de la Sculpture et Industrialisation : Nouveaux Enjeux**, est un outil dévolu à l'étude des techniques et des pratiques de la sculpture à l'époque industrielle. Basée sur la manipulation de modèles 3D, complétée par des vues photographiques, la plateforme offre la possibilité de partager et de mettre en commun des modèles numériques d'origine variée, de les visualiser à distance et d'y identifier des traces signifiantes, de discuter de leurs interprétations et de créer des associations d'idées, afin de nourrir la création d'un thesaurus multilingue et de créer une documentation exhaustive des traces de fabrication des œuvres.

La plateforme se compose de différentes parties :

- La **galerie des modèles 3D** qui reprend une description sommaire de l'ensemble des modèles partagés ainsi que des liens d'accès vers le modèle 3D complet, les annotations effectuées sur le modèle et éventuellement le modèle sketchfab correspondant ;
- La **gestion des annotations** qui reprend l'ensemble des annotations effectuées sur les différents modèles, qui donnent accès aux discussions liées et à la possibilité d'associer une définition précise à une annotation pointant une trace signifiante ;
- La **gestion du thesaurus** qui reprend, pour les différentes langues, les termes pour lesquels une définition a été proposée. Les utilisateurs peuvent y ajouter de nouveaux termes, s'accorder pour une définition précise, proposer des corrections ou des variantes, ainsi que voter sur les propositions soumises.

Pour utiliser l'outil, il est nécessaire de créer un compte (gratuitement) et de s'y connecter depuis le menu login.

1. Galerie des modèles 3D

La galerie des modèles reprends l'ensemble des fiches descriptives des modèles uploadés dans la plateforme USINE. Chaque fiche reprends les informations essentiels liés à un objet physique. La figure 1 donne un exemple de fiche pour un œuvre.

Complémentairement à ces informations, il donne également accès directement à plusieurs types d'opérations :

1. **Accès au modèle 3D** complet, manipulable dans un interface de visualisation Potree qui offre la possibilité de l'étudier, d'y faire des annotations ou des prises de mesures ;
2. **Accès aux annotations** effectuées sur le modèle, qui donne accès à un affichage de l'outil de gestions des annotations limitées aux seules éléments liés à l'objet ;
3. **Accès au modèle sketchfab** de l'objet, qui reprend une représentation réaliste de l'œuvre en se basant sur une moteur PBR réaliste.



Fig. 1. Exemple de fiche pour un modèle.

Le cœur du projet se base d'une part sur la possibilité d'observer en 3D un modèle fidèle à la réalité et d'autre part de relever et annoter des traces techniques et anthropiques sur base de photographies de ces détails particuliers.

Deux possibilités de représentation tridimensionnelle des modèles sont possibles : la visualisation sous forme de modèle polygonal et la représentation sous forme de nuage de points.

La représentation polygonale présente des modèles surfaciques. La géométrie du sujet est recouverte par un ensemble de textures donnant l'aspect réaliste au sujet (shader PBR). Plus le modèle doit être précis, au niveau géométrique et au niveau de sa texture (maximum 8K ou 16K pixels) et au nombre de pixels utiles qu'elle contient (16k = 256.000.000 échantillons au maximum si 100% de la surface uv est utilisé, ce qui n'est jamais le cas), plus son poids en données augmente. Passé une certaine limite de poids, les ressources informatiques rendent impossible toute manipulation. La photogrammétrie produisant des modèles de plusieurs millions de polygones, ces derniers sont impossibles à manipuler à leur niveau de détail le plus élevé. Il est dès lors obligatoire de réduire le nombre de polygones du modèle (décimation), altérant l'intégrité des données réelles, et de transférer les données de détails géométriques par le biais de textures spécifiques interprétées par le visualisateur. Bien que d'aspect réaliste, le modèle affiché n'est plus équivalent à sa source haute définition; sa géométrie est simplifiée et son affichage n'a de réaliste que par l'utilisation de biais techniques propre à chaque visualisateur.

Le rendu d'un modèle en nuage de points possède comme unité représentative le point (un point étant limité à une donnée spatiale XYZ et une couleur unique RGB). Chaque point d'un modèle en nuage de points possédant sa propre couleur, la définition colorimétrique du modèle dépend dès lors du nombre de points et n'est pas limitée à la taille d'un espace 2D. A définition équivalente, un nuage de points est moins lourd qu'un maillage polygonal. Ne contenant qu'une unique donnée colorimétrique par point, ce type de modèle présente néanmoins le désavantage de ne pas offrir la possibilité d'ajout de surcouches apportant le réalisme d'un modèle polygonal. De plus, les visualisateurs de modèles en nuage de points pallient à la limitation de manipulation dû à la taille et aux exigences de ressources matérielles des modèles polygonaux par un chargement progressif et dynamique en fonction du point d'observation par une division du modèle en octree.

La plateforme propose ces deux types de représentations de modèles 3D en proposant d'utiliser :

- Les modèles polygonaux dans le visualisateur Sketchfab - moins précis, moins détaillés et inutilisables pour les manipulations complexes, mais plus réalistes à l'affichage ;
- La représentation sous forme de nuage de points dans l'interface Potree présente tous les atouts nécessaires à un travail d'annotation et de manipulations dans le cadre d'un système collaboratif en ligne. Afin de pallier au problème colorimétrique des rendus en nuage de points pouvant limiter la détection de détails, il est également possible d'utiliser une vue photographique, qui consiste en une superposition des photographies d'acquisitions au-dessus des modèles 3D.

1.1. Manipulation du modèle dans l'interface Potree

1.1.1. Comment naviguer dans l'outil de visualisation 3D ?

La navigation au sein du modèle se base sur une manipulation du modèle :

- Rotation du modèle via un clic gauche de la souris et son déplacement ;
- Translation via un clic droit de la souris et son déplacement ;
- Agrandissement en utilisant la molette de la souris.

Un double clic droit sur le modèle permet également de recentrer la vue sur le cible de la souris. Au besoin, notamment lorsque le modèle ne semble plus tourner autour de son pivot (par exemple après une navigation dans les photographies), le bouton  permet de recentrer le modèle sur les axes.

Complémentaire à la visualisation du modèle tridimensionnel, un mode de superposition de vues photographiques a été développé pour observer des détails des modèles étudiés sur base de la résolution native des photographies. L'ensemble des photographies disponibles pour un modèle sont ainsi rendu sous forme de vignette noir avec un bord vert, à leur emplacement de prise de vue (cf. figure 2). Le bouton  permet d'afficher ou de masquer l'ensemble des vignettes.



Fig. 2. Modèle 3D avec l'ensemble des photographies disponibles positionné dans l'espace sous forme de vignette.

La figure 3 illustre les étapes de fonctionnement du mode de surimpression photographique sur un sous-échantillon d'images utilisées dans la phase de reconstruction photogrammétrique:

- a. Vue générale du modèle avec le positionnement des photographies dans l'espace ;
- b. Mise en surbrillance de la zone concernée par l'image lorsque l'on passe la souris sur une photo. Lorsque la souris est au-dessus de plusieurs photo, l'ensemble des zones concernées par ces photos est mise en surbrillance ;
- c. Centrage et alignement de la vue lorsque l'on clique sur une image ;
- d. Vue d'un agrandissement sur un élément de détail, lorsque l'on zoom dans l'image à l'aide de la molette de la souris ;
- e. Vue sur le modèle 3D de la même zone, lorsque l'on masque la photo à l'aide du bouton  ;
- f. Retour à la manipulation du modèle 3D, à l'aide du bouton « Vue 3D », situé en bas à droite.

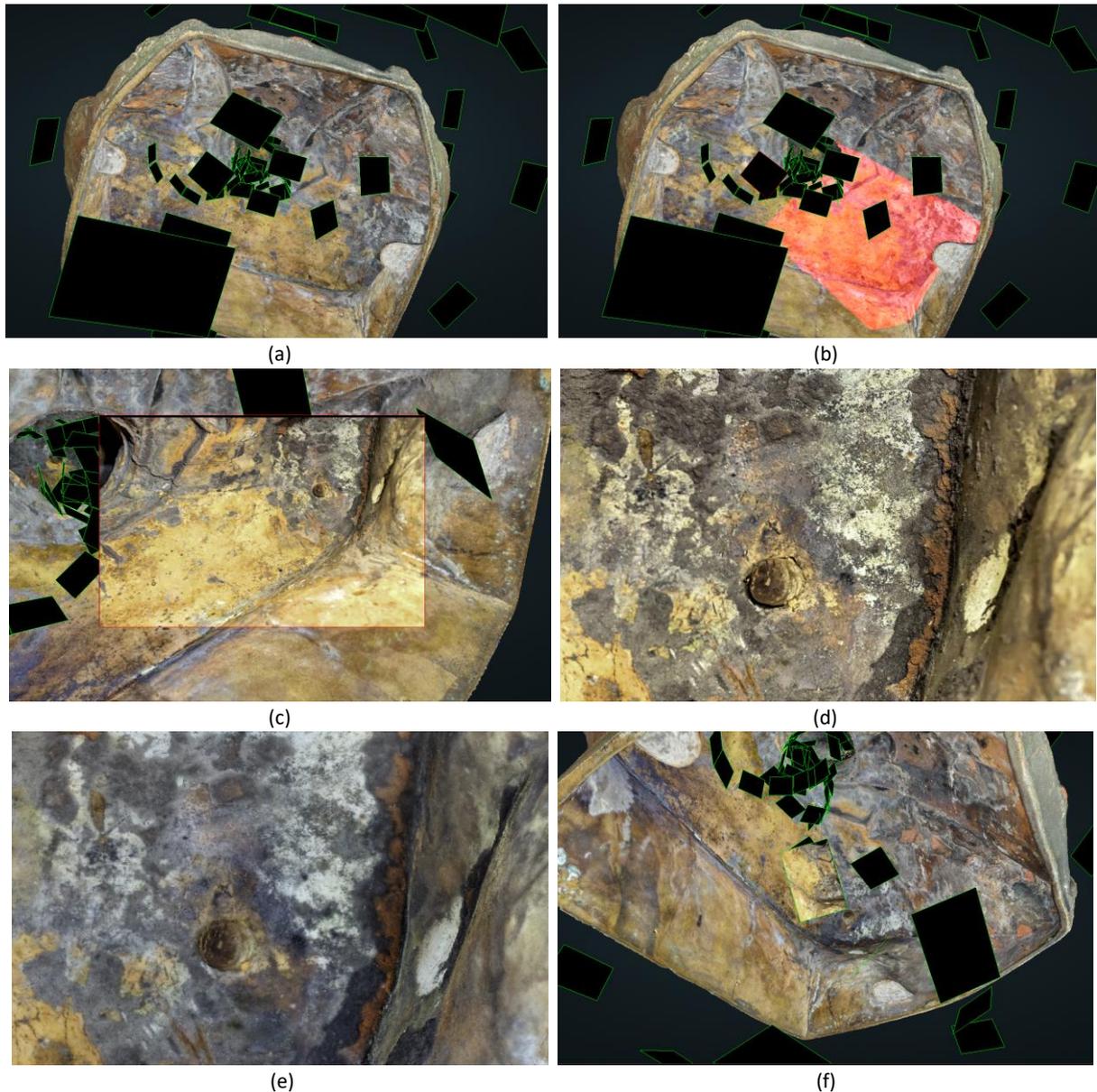


Fig. 3. Étapes de fonctionnement de la superposition des photographies avec le modèle: a.) vue générale, b.) surbrillance de la zone couverte par la photo, c.) vue photo, d.) agrandissement sur la photo, e.) vue sans la photo et f.) retour à la vue 3D.

La navigation, en vue en surimpression photographique, utilise par définition une vue en perspective. Certaines fonctions, telles que l'affichage de l'échelle, limitées à une vue orthographique, ne sont donc pas accessibles. Les seules possibilités de navigation sont limitées au plan image :

- Translation de la vue via un clic gauche de la souris et son déplacement ;
- Rotation de la photo selon son pivot via un clic droit de la souris et son déplacement ;
- Agrandissement en utilisant la molette de la souris.

Il est toujours possible de se déplacer dans une autre vue photographique en cliquant simplement sur une autre vignette. Pour quitter le mode, il suffit soit de cliquer sur le bouton « Vue 3D », situé en bas à droite de la fenêtre, soit d'effectuer un double clic droit dans une zone sans vignette.

Lorsqu'une photographie est ouverte, elle reste chargée dans l'interface utilisateur et ne nécessite plus de temps de téléchargement pour y avoir accès. Pour l'ensemble de ces éléments, la vignette affichée dans la vue 3D reprend les données de la photographie concernée. La figure 4 donne une idée du rendu lorsqu'une série de photographies a été parcourue.



Fig. 4. Modèle 3D avec une série de photographies chargées du côté utilisateur.

Dans tous les cas, les photographies sont à considérer comme une surcouche purement visuelle ; l'ensemble des interactions avec le modèle (prise de mesures, annotation, picking,...) s'effectue à travers celles-ci.

Les photographies permettent de délivrer une résolution optimale des détails, toutefois elles sont soumises aux problèmes inhérents à la technique d'acquisition photographique (flou dû à la limitation de la profondeur de champ du matériel optique, coloration non-homogène et fluctuante dépendant de l'éclairage et de la dynamique de l'appareil photographique ainsi que la présence de l'arrière-plan du sujet). Un semblant de déformation du modèle 3D peut apparaître dû au fait que le rendu s'aligne sur les paramètres d'acquisition photographique, c'est-à-dire des valeurs différentes de celles usuellement utilisées pour le rendu 3D.

Un cube de navigation peut également être affiché en cliquant sur le bouton  ; il permet d'orienter le modèle en fonction des axes en cliquant sur l'une des faces du cube : avant (F), arrière (B), gauche (L), droite (R), supérieure (U) ou inférieure (D).

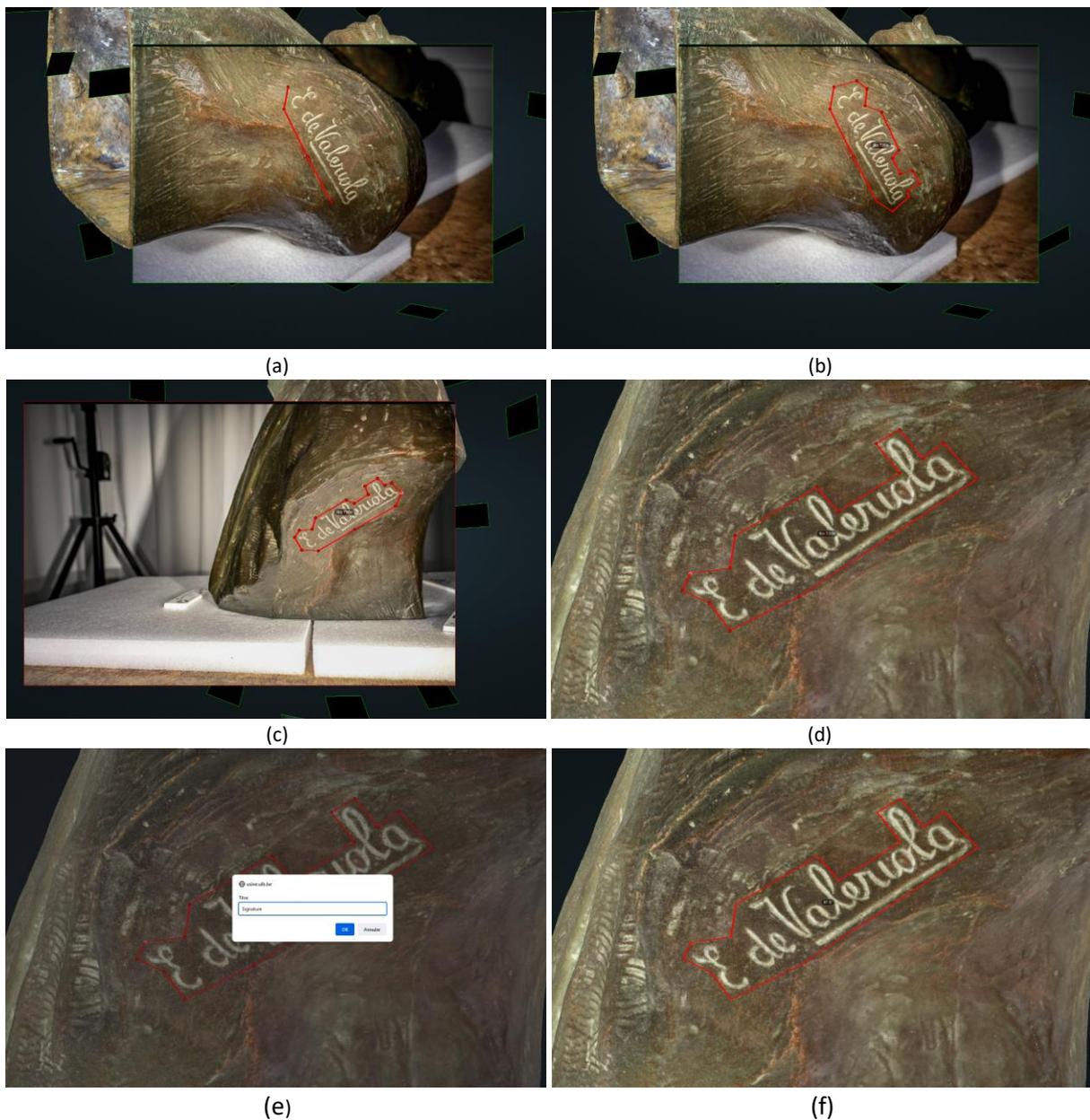
1.1.2. Comment délimiter un point d'intérêt ?

La délimitation d'un point d'intérêt peuvent s'effectuer de manière similaire dans les deux modes de navigation : dans le mode en vue 3D ou dans le mode en vue photographique. A l'aide de la navigation, il est conseillé de tout d'abord se positionner de manière à visualiser l'entièreté de la zone d'intérêt, de sorte à pouvoir aisément définir des points tout autour ; la position de chacun d'eux pourra être affiner par la suite.

Le bouton  permet de commencer une délimitation. La définition des points de contrôle fonctionne de manière similaire au outil de sélection à l'aide d'un lasso polygonal ou point à point dans la plupart des logiciels de traitements d'images : il suffit d'utiliser le clic gauche de la souris pour ajouter de nouveaux points de contrôle, et le clic droit pour terminer le contour en le fermant. Lorsque le contour est fermé, il est possible de placer l'annotation et d'ajuster les différents points placés. Pour finir, il suffit de faire un double clic droit et de donner un titre. Le bouton 'Delete' ou 'Escape' permet d'annuler le tout. Lors de l'étape d'ajustement des positions, il est possible d'utiliser la navigation pour changer de points de vue, de changer de photographie de référence ou encore de recentrer la vue.

La figure 5 illustre les étapes de fonctionnement pour la délimitation d'un point :

- a. Définitions (via des clics sur le bouton gauche de la souris) des points de contrôle d'une délimitation tout autour d'une zone d'intérêt (i.e. la signature de l'artiste), en vue photographique ;
- b. Fermeture du contour, via un clic sur le bouton droit de la souris ;
- c. Vue de la délimitation définis à partir d'une autre photographies pour par exemple affiner la position des points de contrôle ;
- d. Correction de la position des points de contrôle dans une vue 3D ;
- e. Validation de la délimitation via un double clic droit et entrée du titre de l'annotation ;
- f. Délimitation validée, le numéro affiché est son identifiant unique ;
- g. Affichage de l'ensemble des annotations relatives à un modèle, la vue 3D reprends l'ensemble des annotations faites ;
- h. Flux de discussion lié à une annotation précise, la vue 3D s'y aligne avec l'annotation correspondante.



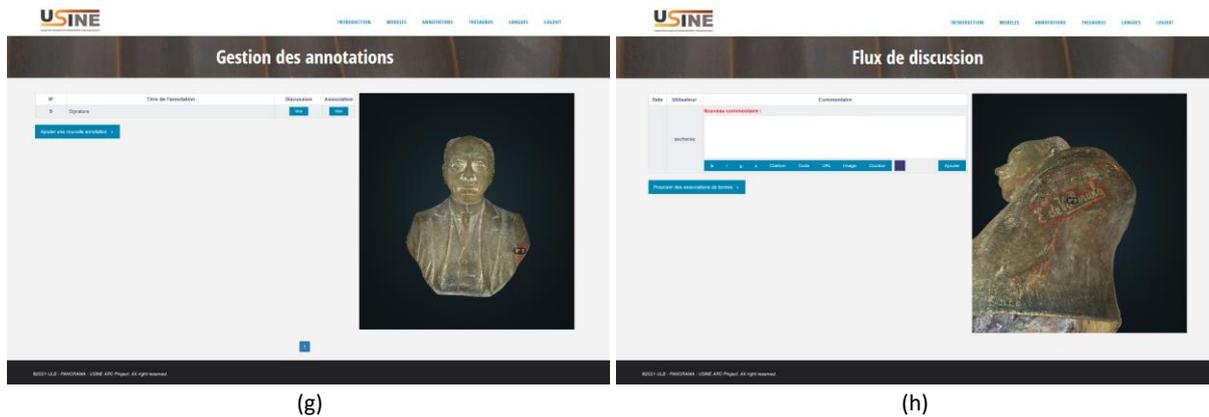


Fig. 5. Étapes de fonctionnement de la superposition des photographies avec le modèle : a.) définitions des points de contrôle, b.) fermeture de la délimitation, c.) changement de la photographie d'observation, d.) correction des positions des points de contrôle, e.) entrée du titre, f.) délimitation validée, g.) affichage de l'ensemble des annotations et h.) flux de discussion lié à une annotation.

1.1.3. Comment prendre des mesures ?

Comme pour la délimitation d'un point d'intérêt, la prise de mesure peut s'effectuer aussi bien dans la vue 3D, qu'en utilisant la superposition d'images photographiques. Deux types de mesures sont mis en avant : la mesure de distance  et la mesure de hauteur  (distance uniquement selon l'axe z) entre deux points définis sur le modèle 3D. Pour effectuer la mesure, il suffit de cliquer sur le type de mesure choisi et de cliquer sur deux points du modèle ; la mesure s'affichera directement. Les positions des extrémités restent ajustables via un simple drag and drop, tout en permettant à l'utilisateur de naviguer dans le modèle pour changer de point de vue. Chaque clic sur un bouton permet de créer une nouvelle mesure ; pour supprimer toutes les mesures effectuées, il suffit de cliquer sur le bouton de suppression des mesures .

Complémentairement à la prise de mesure, le visualisateur 3D peut rendre le modèle selon deux types de projection : en perspective  et orthogonale . Dans la vue en perspective (par défaut), les objets éloignés sont plus petits que ceux à proximité. Les points de vue en perspective semblent plus naturelles car il reflète la vision humaine de la vie réelle. Dans la vue orthogonale, tous les objets apparaissent à la même échelle, qu'ils soient proches ou lointains. Elle peut ainsi faciliter les comparaisons de dimensions, puisque le point de vue n'est ainsi pas affecté par la perception de la distance. Par définition, la vue photographique n'est possible qu'en utilisant un rendu selon une projection en perspective ; alors que l'affichage de l'échelle  du modèle n'est compatible qu'avec une vue orthogonale.

1.1.4. Comment changer la qualité du rendu du modèle 3D ?

Par défaut, le rendu du modèle se base sur une qualité moyenne. Les boutons **LD**, **MD** et **HD** permettent de faire varier la qualité des modèles 3D en faisant modifier le nombre maximal de points rendus et la manière de faire le rendu graphique. Le nombre de points maximal chargé est ainsi, respectivement, limité à 500k points, 2M point et 5M de points. Le rendu HD utilise complémentirement une technique de blending pour lisser le rendu. Il est important de considérer que le chargement des points prend un temps dépendant de la connexion réseau, donnant un modèle qui s'affine localement (en fonction de la position de la caméra) et progressivement avec le temps.

1.2. Manipulation du modèle dans Sketchfab

Le visualisateur Sketchfab tend à proposer un rendu physique réaliste du modèle 3D en considérant non seulement la couleur intrinsèque du modèle (voir figure 6), mais également la manière dont la lumière interagit avec celui-ci. Son rôle est cependant plus limité que l'interface Potree ; il ne sert qu'à

donner une idée du visuel réel de l'objet, il y est impossible de faire des annotations ou d'y prendre des mesures.

Deux types de manipulations sont possibles dans Sketchfab :

- La manipulation de l'objet : déplacement de l'objet (via un clic droit de la souris), rotation de l'objet (via un clic gauche de la souris) et agrandissement en utilisant la molette de la souris ;
- La manipulation de la source de lumière, afin d'observer différents détails en changeant l'éclairage local sur l'objet, en maintenant la touche « Alt » enfoncée et en effectuant clic gauche de la souris.

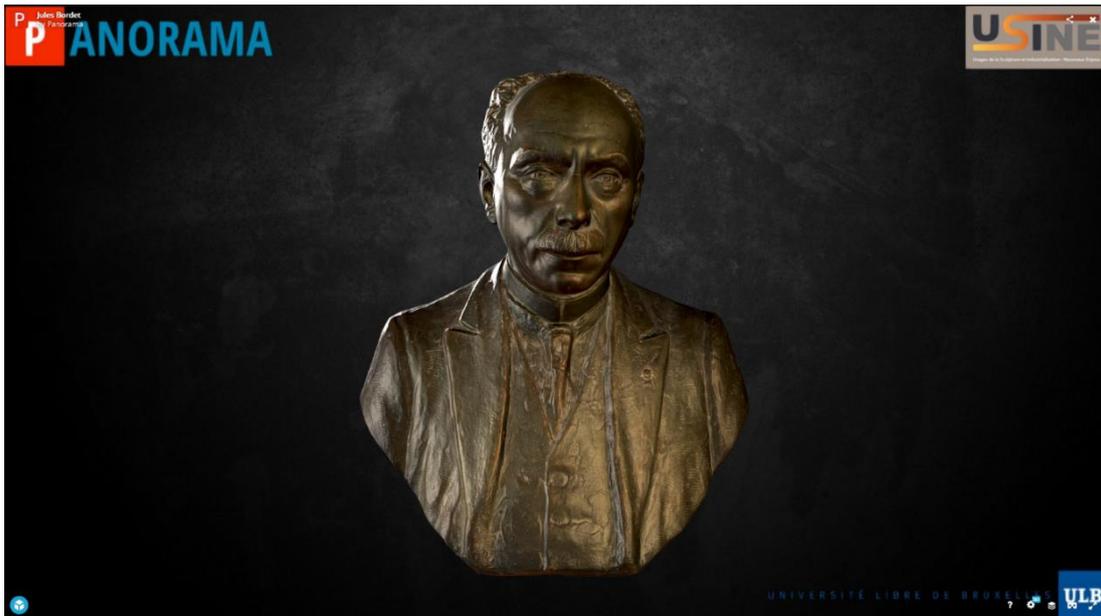
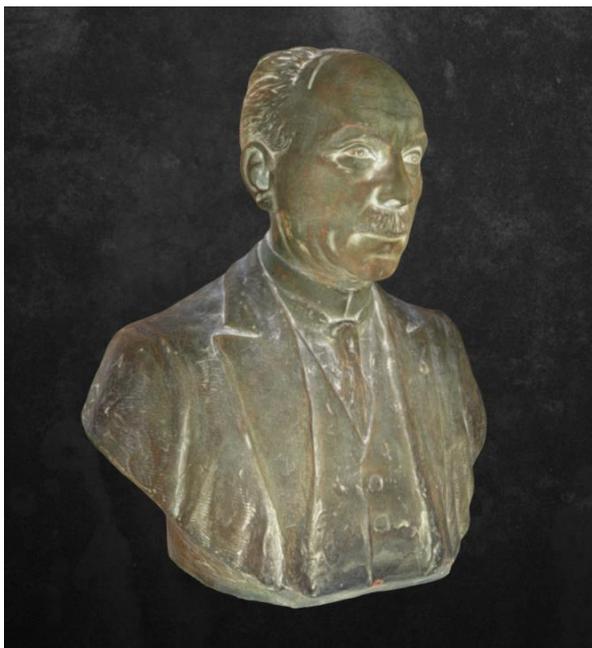
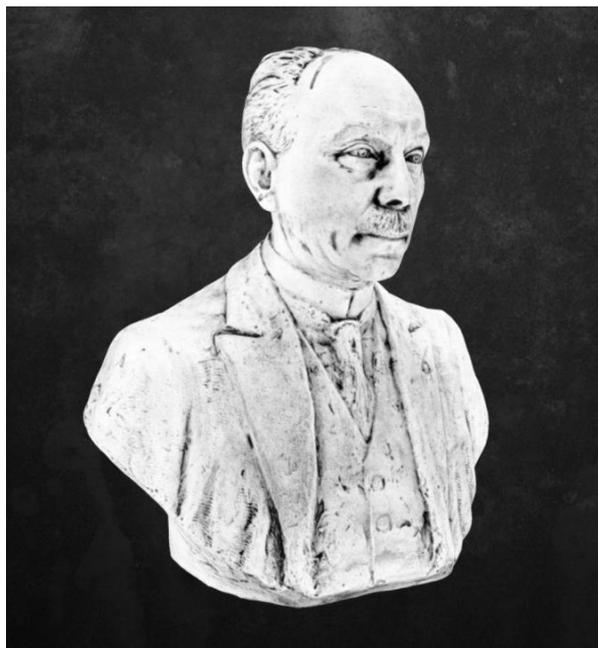


Fig. 6. Exemple de rendu dans Sketchfab.

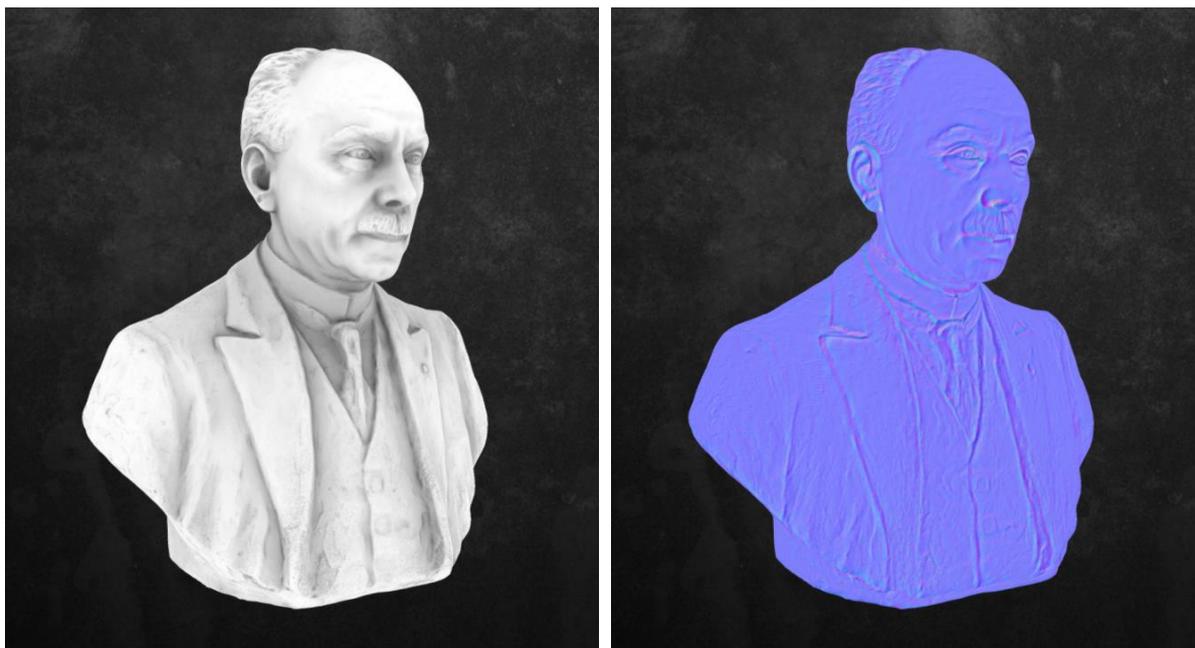
Les boutons en bas à droite dans l'interface permettent de choisir la qualité des textures affichées (« Settings ») ou encore de voir séparément les différentes textures utilisées au sein du shader de rendu graphique (« Model Inspector »).



(a)



(b)



(c)

(d)

Fig. 7. Inspection du modèle dans Sketchfab, vues indépendantes de différentes maps :
a.) Couleurs, b.) Metalness, c.) Ambient Occlusion, et d.) Normal Map.

2. Gestion des annotations

2.1. Ajouter une annotation sur un modèle

L'ajout d'une annotation passe obligatoirement par sa définition sur le modèle 3D. L'accès au modèle peut alors se faire via le bouton « **Accès au modèle 3D** » dans la Galerie des modèles ou via le bouton « **Ajouter une nouvelle annotation** » dans la Gestion des annotations.

Lorsqu'un utilisateur valide la délimitation d'un point d'intérêt, une nouvelle annotation est ajoutée à la base de données. Au sein de cette base de données, chaque point d'intérêt est associé, par le biais d'une annotation, à une fiche d'identification dont la plupart des informations sont définies automatiquement. Cette fiche informative intègre :

- un identifiant unique,
- le modèle concerné,
- l'utilisateur qui a délimité le point d'intérêt (information non affichée),
- les données géométrique pour visualiser la trace,
- un titre (défini manuellement par l'utilisateur dans l'interface Potree),
- un lien vers un flux de discussion.

2.2. Voir toutes les annotations associés à un modèle

La liste des annotations est accessible via le bouton « **Annotation** » du menu général de la plateforme ou via le bouton « **Accès aux annotations** » associé à chaque modèle de la *Galerie des modèles*. Dans le cas d'un accès à partir du menu, l'ensemble des annotations relatives à l'ensemble des modèles est accessible (cf. figure 8). La colonne « N° du modèle » reprend alors pour chaque annotation l'information du modèle concerné sous forme d'un identifiant. L'identifiant d'un modèle est son numéro que l'on retrouve pour chaque fiche de la Galerie des modèles.

Gestion des annotations				
N°	N° de modèle	Titre de l'annotation	Discussion	Association
1	1	Reste d'étiquette	voir	voir
2	1	Croûte de matière	voir	voir
3	1	Dicotyléaire	voir	voir
4	1	Nœud de cranial	voir	voir
5	1	Moustache	voir	voir
6	1	Graffio	voir	voir
7	1	Signature	voir	voir
8	1	Sabre de fondere	voir	voir
9	5	Signature	voir	voir

Fig.8. Exemple de liste d'annotations définies sur différents modèles.

Dans le cas d'un accès via la Galerie des modèles, seules les annotations faites sur le modèle concerné sont listées. Un rendu 3D permet également de les situer précisément (cf. figure 9).



Fig.9. Exemple de liste d'annotations liées à un seul modèle.

2.3. Interagir et discuter au sujet d'une annotation

Afin de créer un terrain propice à la discussion entre experts, deux fonctionnalités sont mises à disposition des utilisateurs:

- ajouter une observation ou un commentaire dans un flux de discussion (« **Discussion** »),
- créer des liens entre l'annotation et des termes du thésaurus (« **Association** »).

Le flux de discussion est libre d'utilisation pour ajouter une observation, un commentaire ou alimenter un débat d'experts ; il reprend néanmoins un rendu 3D de l'annotation considérée. Un langage de balisage léger, le BBCode (<https://fr.wikipedia.org/wiki/BBCode>), permet une simple mise en forme des messages (texte en gras, en italique, souligné, barré, coloré) et l'insertion de lien hypertexte ou d'image (à stocker de manière externe, via par exemple un service d'hébergement d'images). Chaque nouveau commentaire est associé à la date de publication et à l'utilisateur qui l'a produit. La figure 10 donne un exemple d'un nouveau flux de discussion encore sans commentaires.

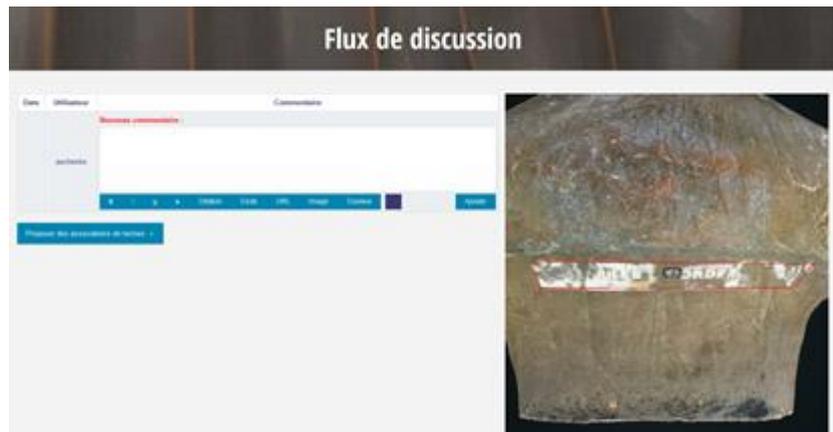


Fig.10. Exemple de flux de discussion lié à une annotation.

2.4. Créer des associations de termes avec une annotation

L'idée du système est de créer, après discussion, des liens vers des termes du thésaurus, soumis à validation sous forme de vote à l'ensemble de la communauté. Pour cela, une fenêtre de gestion des associations est accessible soit directement à la fin du flux de discussion, soit via le bouton « **Association** » présent dans la liste de la fenêtre de *Gestion des annotations*. Dans la fenêtre de *Gestion des associations*, il est possible de faire des associations avec des termes définis dans le thésaurus. Sur base des associations effectuées, l'objectif est de pouvoir déterminer des liens « forts » entre des termes de même langue et entre des termes de différentes langues en vue de pouvoir déterminer l'équivalence terminologique entre plusieurs langues. Le système est actuellement prévu pour fonctionner avec n'importe quelle langue, mais seul le français et l'anglais sont activés. En vue d'assurer la cohérence et la validité des associations, l'ensemble des propositions d'associations sont soumis à discussions, ainsi qu'aux votes de la communauté d'utilisateurs. Il n'est pas possible non plus d'ajouter une association déjà existante. Un exemple d'une association d'une annotation avec un terme est donné à la figure 11 avec le vote ouvert pour un utilisateur et à la figure 12 avec le résultat du vote, sous la forme : Pourcentage de votes positifs, pourcentage de votes négatifs et nombre total de votes considérés.

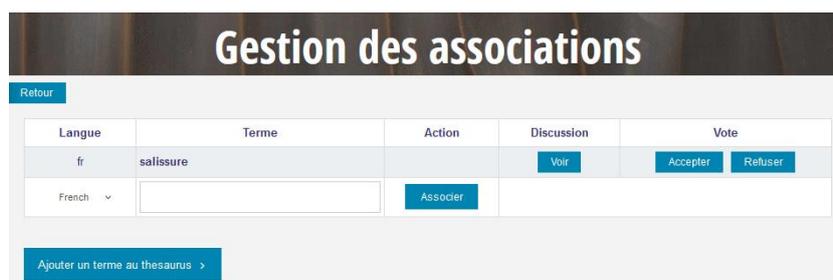


Fig.11. Exemple d'association d'une annotation avec un terme, avec le vote ouvert pour l'utilisateur.



Fig.12. Exemple d'association d'une annotation avec un terme, avec les résultats des votes.

3. Gestion du thésaurus

La *gestion du thésaurus* permet de travailler sur les définitions des termes. L'ensemble des termes définis y sont classé par ordre alphabétique et par langue. Un menu de sélection permet d'afficher l'ensemble des termes définis pour une langue donnée. Pour ajouter un nouveau terme, il suffit de compléter les champs « **Nouveau terme** » et « **Proposition de définition** ». L'ajout d'un terme déjà existant sera rejeté par le système à l'ajout.



Terme	Définition	Discussion	Vote	Action
salissure	Souillure de différente nature généralement superficielle: traces de terre, de suie, de corps gras, etc. [M.-T. Baudry. La sculpture : méthode et vocabulaire, 2005]	Voir	Fermé	Proposer
Nouveau terme :	Proposition de définition :			Ajouter

Fig.13. Affichage du thésaurus en français, ne comprenant qu'un seul terme.

A l'instar des annotations et des associations, un flux de discussions est également associé à chaque terme pour en discuter la définition précise. Les nouvelles propositions y sont automatiquement publiée, accompagnée d'un numéro de version.



Date	Utilisateur	Commentaire
2021-10-01 11:14:49	(aschenke)	Nouveau terme "salissure" en "fr"
2021-10-01 11:14:49	(aschenke)	Proposition de définition (version 0): Souillure de différente nature généralement superficielle: traces de terre, de suie, de corps gras, etc. [M.-T. Baudry. La sculpture : méthode et vocabulaire, 2005]
	achel	Nouveau commentaire :

Fig.14. Etat initial du flux de discussions relatif à un terme. La version initiale (version 0) y est automatiquement publiée.

Plusieurs actions sont possibles pour les utilisateurs pour agir sur les termes :

- **Proposer** une nouvelle définition. Il ne peut y avoir qu'une seule version de travail en même temps, donc elle doit soit être validé, soit refusé avant d'en proposer une nouvelle ;
- Voter en cliquant sur « **Accepter** » ou sur « **Refuser** », lorsqu'une version de travail a été proposée ;
- L'utilisateur, qui a proposé la version de travail courante, peut l'**éditer** (pour corriger une faute mineure), la **supprimer** (pour la rejeter) ou la **valider**. La validation d'une version de travail requiert cependant qu'une majorité des votes soient positifs.

Au sujet de la référence pour les termes du thésaurus en français, la base de travail est l'ouvrage de Thérèse Baudry "Sculpture, méthode et vocabulaire". L'utilisation de références lors d'une proposition de définition se doit d'être explicitée.

4. Annexes : Options avancées de Potree

L'affiche de Potree dans la plateforme couvre l'essentiel des besoins principaux. Cependant, de nombreuses options permettent d'aller plus loin dans la manipulation de l'outil. Le bouton  permet d'accéder au menu complet, et à l'ensemble des outils et options de contrôle.

4.1. Paramètres de rendu avancés de Potree

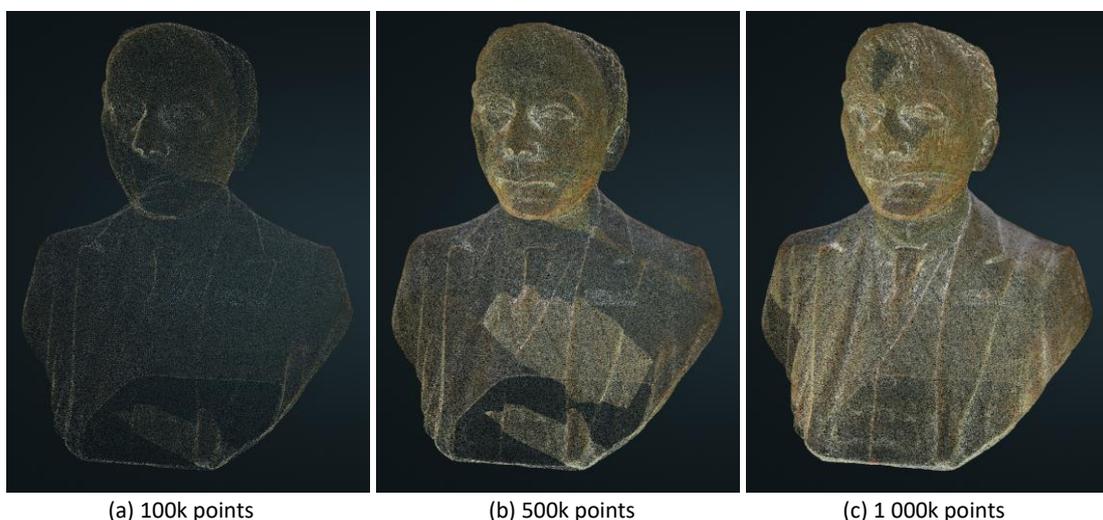
Potree est un système de visualisation de modèles tridimensionnels en nuage de points, à chargement dynamique en fonction d'un niveau de détails : les bibliothèques qui le compose permettent de limiter le chargement visuel des modèles aux points uniquement visibles à l'écran (field of view) allégeant le processus d'affichage de la machine de l'utilisateur. Le gain de ressources processorale est basé sur le principe de chargement de données illustré dans la figure 15.



Fig. 15. Chargement dynamique : a.) rendu obtenu lorsque l'on zoom sur un élément de détail; b.) rendu du modèle entier avec les mêmes données. La densité des cubes jaunes donne une approximation de la densité locale du modèle. Nous pouvons observer la différence des rendus entre la zone cible (centrée sur la moustache) et le bas du torse (éloigné de cette zone).

Cette dynamique de chargement va dépendre de la capacité et les ressources matérielles du serveur sur lequel est hébergé le projet à satisfaire les demandes des utilisateurs. Les performances d'affichage dépendent de la capacité du réseau à rapatrier les données vers l'outil ainsi que les limitations définies par l'utilisateur à réduire la montée en charge de sa machine qu'il peut définir à l'aide du paramètre point "nombre de points maximum".

Sans considération de la notion des rendus basés sur l'unité de point ("Point based rendering"), le nombre de points maximal affiché à l'écran impacte le rendu visuel du modèle. La figure 16 illustre ce rapport et son impact sur la qualité des rendus obtenus en augmentant les valeurs de ce paramètre.



(a) 100k points

(b) 500k points

(c) 1 000k points



Fig. 16. Rendus obtenus en fonction du paramètre "Point budget": 100k, 500k, 1000k, 2 000k, 10 000k points.

La notion de rendu basé sur le point ("*Point based rendering*") fait intervenir plusieurs paramètres dans Potree, accessibles dans les propriétés des nuages de points depuis l'interface du visualisateur. Ces propriétés spécifiques vont définir comment sont dimensionnés les points en fonction de leur distance par rapport à la caméra virtuelle (point de vue de l'utilisateur) : ces options portent sur la taille du point ("*Point size*"), sa forme ("*Shape*") ainsi que son type de dimensionnement ("*Point sizing*"). Une augmentation de la taille des points a tendance à réduire les espaces entre les points, la modification de sa forme impacte peu le rendu général tandis que les différents types de dimensionnement affectent de manière importante le rendu global. La figure 17 donne un exemple de rendu pour les trois valeurs possibles du paramètre.



Fig. 17. Rendus obtenus en fonction du paramètre "Point sizing": fixe, atténué et adaptatif.

4.2. Filtration de données affichées

Dans le menu complet, dans la section « Scène », une arborescence reprend tout le contenu du projet: les nuages de points, les mesures présentes, les annotations, les photographies de la scène,... Il y est possible d'y activer ou d'y désactiver l'affichage des différents éléments ou groupe d'éléments qui sont présents en cochant/décochant la case se trouvant devant.

La figure 18 donne un exemple de rendu sélectif des modèles 3D en affichant et en masquant un modèle ; alors que la figure 19 illustre l'affichage sélectif des vignettes photographiques en masquant un groupe entier de photographies.

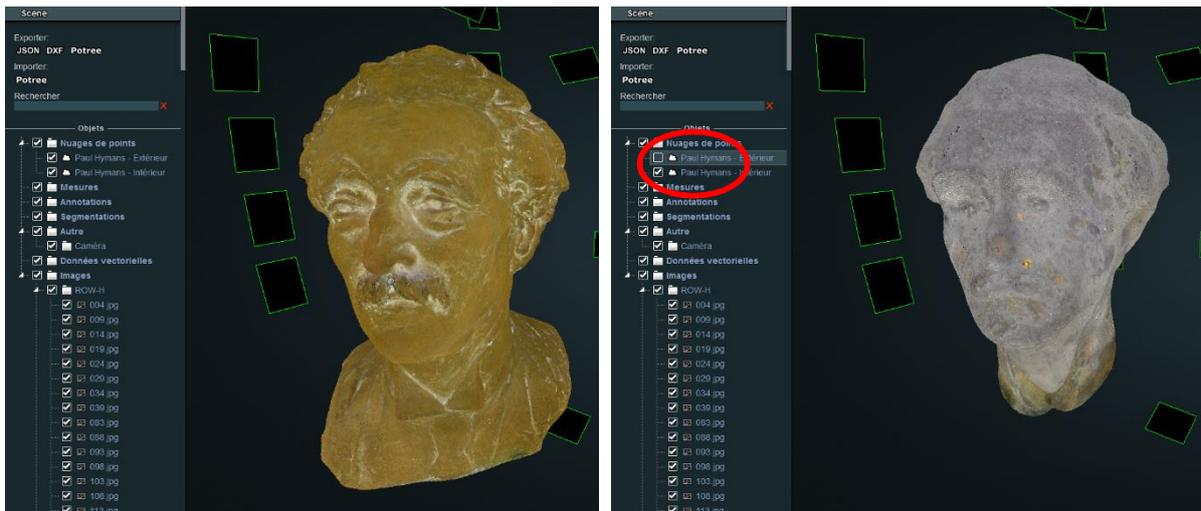


Fig. 18. Affichage sélectif des modèles 3D.

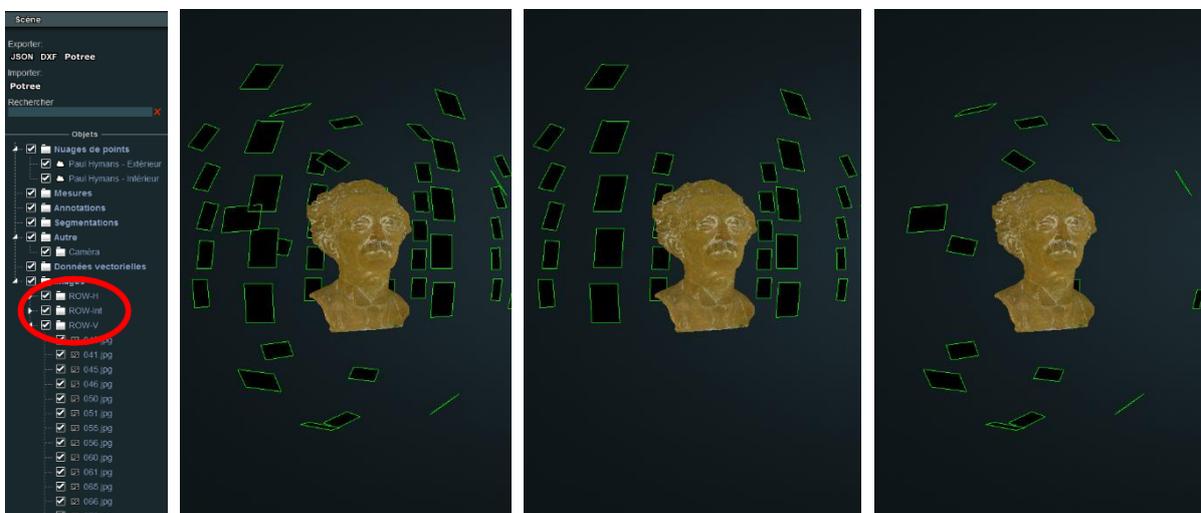


Fig. 19. Affichage sélectif des vignettes photographiques.

Un clic sur les objets de type « Nuage de point », « Mesures », « Annotations », « Segmentation » ou « Caméra » donne accès, sous l'arborescence, à leurs propriétés intrinsèques. Un double-clic sur un modèle 3D permettra de recentrer le modèle par rapport à la vue, alors qu'une double-clic sur une photographie permet de passer en affichage photographique, comme illustré dans la figure 20.

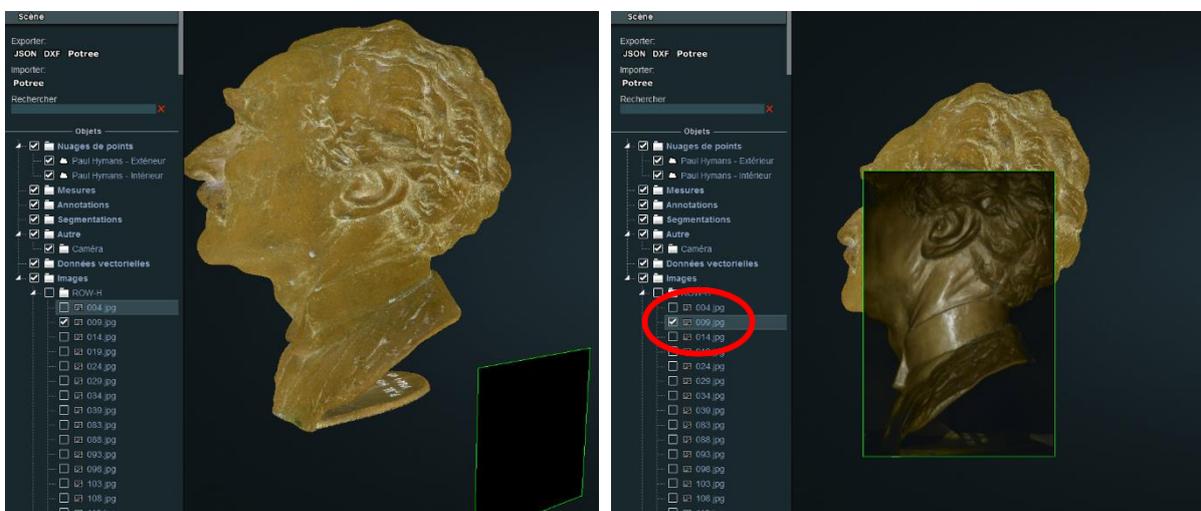


Fig. 20. Activation d'une photographie via l'arborescence de fichiers.

4.3. Plus de mesures

Complémentairement aux outils de la barre de tâche, le menu complet propose une série de type de mesures, non dédiée à l'étude de statue, qui peuvent être utilisés :

-  : mesure la position d'un point ;
-  : mesure de distance entre deux points ou des points consécutifs ;
-  : mesure d'une hauteur (distance selon l'axe z) ;
-  : mesure de l'amplitude d'un angle défini à partir de trois points ;
-  : mesure le rayon d'un cercle, définis par trois points qui lui appartiennent ;
-  : mesure d'un azimut à partir de la définition d'un centre et d'un rayon ;
-  : définition d'une segmentation ;
-  : mesure d'une surface, délimitée par une série de point ;
-  : mesure d'un volume ;
-  : définition d'une zone à masquer/à afficher en fonction de la définition du rôle de la sélection et du mode d'intersection ;
-  : définition d'un profil de hauteur.