COMPTE RENDU EXPLICATIF DES MÉTHODES DE PHOTOGRAMMÉTRIE

Ce document vise à sommairement expliquer l'application de la photogrammétrie au domaine archéologique et à l'imagerie technique.

SOMMAIRE :

1 - Théorie :

1.1 - Qu'est ce que la photogrammétrie ?

1.2 - Fonctionnement théorique

1.3 - Le matériel

2 - Sur le terrain :

2.1 - Préparation du sujet

2.2 - Lumière

2.3 - Autres techniques

2.4 - Création de l'ensemble de données

3 - Création du modèle 3D :

3.1 - Préparation de l'ensemble de données

3.2 - Traitement de l'ensemble de données

3.3 - Création d'un modèle 3D

3.4 - Rendu

1 - Théorie :

1.1 - Qu'est ce que la photogrammétrie ?

"La photogrammétrie est une technique de mesure qui consiste à déterminer la forme, les dimensions et la situation d'un objet dans l'espace à partir de plusieurs prises de vues photographiques de cet objet. Elle permet tout simplement de restituer géométriquement des objets en trois dimensions, à la manière de la vision humaine."

- IGN institut

1.2 - Fonctionnement théorique

L'objectif est de prendre une série de photos, des dizaines, centaines, voire plus. Par la suite, le logiciel de photogrammétrie analyse l'effet stéréoscopique entre les images pour reconstituer un modèle 3D.
Pour ce faire, le logiciel utilise un algorithme de triangulation. Le programme relève des points d'intérêts sur l'image (des détails visibles, grain, tâches etc) et cherche à les repérer sur plusieurs images. La mise en commun de ces points d'intérêts permet au programme d'aligner les images dans l'espace puis de déduire la position de ces points d'intérêts dans l'espace.

On note tout de même une limite fondamentale au principe de fonctionnement de cette technique :
La reconstitution du modèle se reposant sur l'isolation de points d'intérêts sur la surface de l'objet, cela signifie que la surface doit être figée et dénuée de reflets. Tout changement d'éclairage dû à des reflets sera interprété par le programme comme la surface de l'objet et non un effet de lumière, ce qui fausse les résultats. Pour les mêmes raisons, si l'objet ne présente aucun point d'intérêt, c'est-à-dire, que sa surface est trop lisse, le logiciel ne peut pas reconstituer la surface.

L'idéal est donc de favoriser des objets rugueux et naturels. Bois, pierre, sol etc.

1.3 - Le matériel

Le matériel nécessaire pour réaliser une photogrammétrie est remarquablement simple. Sur le papier, il suffit d'une caméra et d'un ordinateur. Un simple téléphone portable peut donc remplir ces deux fonctions.
Il existe même des applications mobiles pour la création de modèles 3D avec cette technique comme Polycam.

Néanmoins, un téléphone portable est limité par la qualité et le contrôle de sa caméra ainsi que par sa puissance de calcul.

La photogrammétrie est donc un sport de riche car un matériel de meilleure qualité, **dans les mains de quelqu'un qui maîtrise cette technique**, permet de meilleurs résultats.

Pour ma part, j'utilise un appareil photo SONY A6700 équipé d'un objectif 16-50mm f3.5. Cette machine me permet une haute résolution, un plein contrôle sur les réglages ainsi qu'un grand confort d'utilisation.

Je traite ensuite les données sur mon ordinateur, une machine spécialisée dans le travail en 3D. Bien que cet ordinateur soit un véritable gouffre financier, une telle machine n'est pas indispensable pour la réalisation d'une photogrammétrie. La puissance de la machine permet un travail plus rapide et donc plus confortable.

Le seul prérequis pour l'ordinateur est d'être équipé d'une carte graphique de marque Nvidia. Les logiciels de photogrammétrie se reposent sur les cœurs CUDAs, spécifiques à cette marque de carte graphique, pour la réalisation d'une phase cruciale de la reconstruction du modèle 3D. Sans carte Nvidia, le résultat sera mauvais voire impossible en fonction du logiciel de photogrammétrie.

2 - Sur le terrain :

2.1 - Préparation du sujet

Pour se donner les meilleures chances d'atteindre un résultat propre, il est impératif de prendre en compte les spécificités techniques de la méthode de photogrammétrie et préparer le sujet en fonction.

Par exemple, la photogrammétrie fonctionne très mal sur la végétation à cause des formes fines et complexes. Il est donc préférable de retirer mousses et autres plantes touffues à la surface du sujet. Cela à le double avantage de mettre en avant les gravures à étudier.

De la même manière, pour faciliter les prises de vues, il est préférable de dégager un petit espace autour du sujet pour pouvoir circuler facilement.

2.2 - Lumière

Les conditions lumineuses sont primordiales pour la réalisation d'une bonne photogrammétrie.
Premièrement, éviter les lumières dures et donc le plein soleil. Bien que ce ne soit pas 100% nécessaire, les résultats sont généralement meilleurs sous une lumière adoucie par une couverture nuageuse.
Ensuite, et toujours en gardant à l'esprit que rien ne doit changer entre les différents clichés, il faut impérativement éviter les ombres projetées sur le sujet, sans quoi le programme les prendra pour des variation de couleur à la surface, faussant les résultats.

Pour éviter ces problèmes, un simple drap pour faire de l'ombre suffit.

Il est également envisageable d'utiliser un flash pour ajouter une lumière contrôlée sur le sujet. Cela à le double avantage de permettre des photos moins granuleuses et donc plus adaptées à la photogrammétrie.

2.3 - Autres techniques

Il existe une méthode pour contourner les aléas de l'environnement et même éviter les reflets et les variations d'éclairage.

Cette technique porte le nom de cross-polarisation et consiste à équiper l'appareil d'un puissant flash, suffisamment puissant pour écraser le soleil sur la photo finale. Ensuite, l'optique et le flash sont équipés de filtres polarisants alignés entre eux. Cela permet à l'optique de capter quasi exclusivement la lumière du flash. On se passe ainsi de toutes variations de lumière externes. Cela a le double avantage de retirer les reflets, ce qui est parfait pour cette technique.

Sans cross-polarisation

Avec cross-polarisation

Scan sans cross-polarisation

Scan avec cross-polarisation

Les résultats obtenus avec la technique de la cross-polarisation sont bien plus adaptés à la technique de la photogrammétrie.

Crédit images : Youtube - William Faucher - The Key to Cleaner 3D Scans: Cross-Polarization

La photogrammétrie étant, comme je l'ai mentionné plus haut, un sport de riche, le matériel nécessaire à la technique de la cross-polarisation est très coûteux. Le matériel proposé par William Faucher dans sa vidéo approche les 650€, juste pour le flash et les deux filtres polarisants.

Les professionnels de la photogrammétrie, avec en tête, l'équipe de Quixel, utilisent un flash à 1500€ combiné à des filtres custom.

D'autres techniques permettent de reconstituer une surface en 3D, l'exemple du LiDAR est probablement le plus parlant. Néanmoins, cette méthode n'utilise pas les mêmes principes que la photogrammétrie, je ne vais donc pas m'aventurer à en parler ici.

2.4 - Création de l'ensemble de données

Une fois sur le terrain, je règle mon appareil photo en manuel pour éviter les variations d'expositions entre les images. Je choisis un temps de pause court, en dessous de 1/100s pour ne pas risquer de produire des images floues. Je règle l'ouverture sur une valeur très fermée, autour de f.8/f.10 pour retirer autant que possible la profondeur de champ.

Je me retrouve avec un appareil photo qui capte très peu de lumière, d'où l'importance de l'éclairage et l'utilisation massive de flashs puissants par les grands noms du milieu. Pour ma part, je n'ai que le réglage de la sensibilité ISO pour compenser, mais plus j'augmente la sensibilité, plus l'appareil génère de bruit dans l'image et détériore la qualité de l'ensemble de données. C'est un jeu complexe d'équilibre entre les trois paramètres de l'appareil pour aller vers les meilleurs résultats en fonction des conditions environnementales du moment.

Pendant la prise de vue, je m'assure de capturer toute la surface de l'objet, en m'assurant que chaque nouvelle image partage au moins ⅓ de surface en commun avec la précédente. C'est ce qui permet au logiciel de "comprendre" les images. Une fois l'objet capturé dans son ensemble, je me rapproche des points d'intérêts (les gravures) pour en augmenter la qualité.

3 - Création du modèle 3D :

3.1 - Préparation de l'ensemble de données

Une fois les images récoltées, nous avons ce que l'on appelle un Dataset ou Ensemble de données. C'est ce que nous allons donner au logiciel.

Mais avant de faire quoi que ce soit, il faut préparer les images pour maximiser la qualité du résultat. Premièrement, je passe en revue les images et je retire les ratés et les images floues. Pour donner une idée du travail, la sortie du 10/12/2025 en forêt de Grésigne produit 518 clichés pour les 4 scans.

Une fois ce nettoyage fait, je retouche les photos pour écraser au maximum la lumière et donner autant de place que possible aux détails de surface. Concrètement, je baisse les lumières et les blanc au maximum et j'augmente les ombres et les noirs au maximum.

Cliché brut

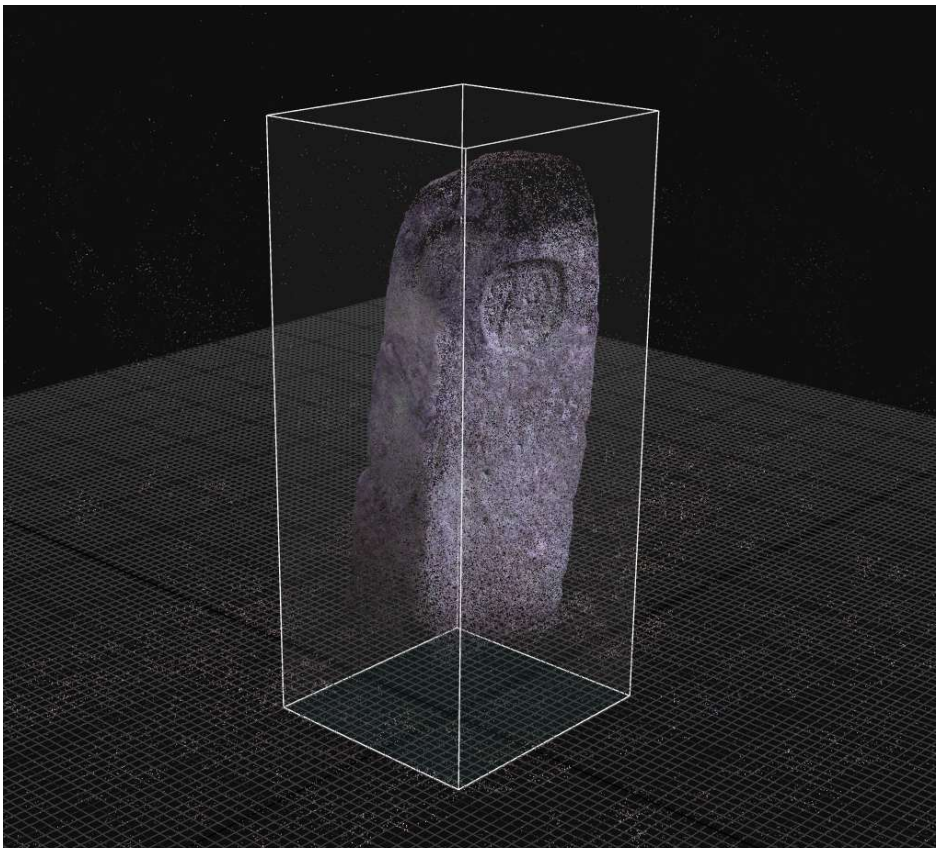
Cliché retouché

L'ensemble de données retouché est ensuite exporté et prêt à être traité.

3.2 - Traitement de l'ensemble de données

J'utilise le logiciel gratuit Reality Capture pour la création du modèle. Ce logiciel est très puissant et permet un traitement rapide et précis du modèle.

J'importe l'ensemble de données et j'aligne les images. Si tout se passe bien, le programme me donne un nuage de points. Reality Capture étant très facile d'utilisation, l'alignement des images se fait en un clic et en quelques secondes.

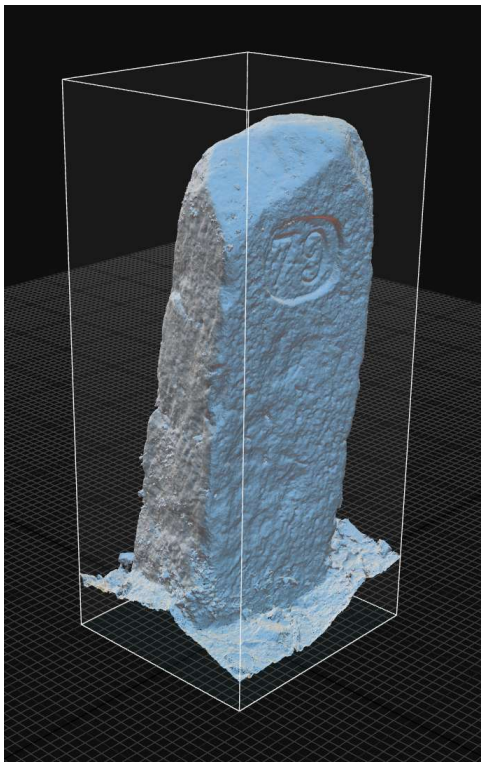


C'est à partir de ce nuage de points que le programme va reconstituer un maillage géométrique par la suite.

3.3 - Création d'un modèle 3D

Une fois le nuage de points créé, le logiciel est capable de générer un modèle 3D. Ce processus prend un peu plus de temps et dépend fortement de la puissance

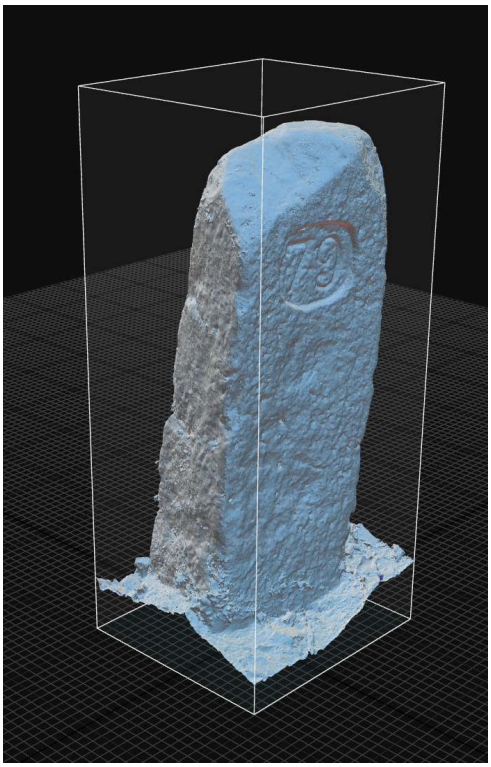
de l’ordinateur utilisé ainsi que la complexité du sujet. Dans mon cas, moins de 5 minutes par modèle grâce à mes images propres.
Certains modèles peuvent nécessiter plusieurs heures de traitement.



n°79, modèle brut

Le modèle produit est brut et donc très lourd. Ici, pour la n°79, le logiciel crée un modèle de 27 millions de triangles. Afin de pouvoir manipuler l’objet 3D plus tard, je réduit la densité du modèle en utilisant la fonction Simplify. Cette fonction utilise un algorithme qui permet de simplifier un modèle 3D en sacrifiant le moins de détail possible.

Pour la borne n°79, je choisis de la simplifier à 1 million de triangles pour préserver les détails subtils des gravures. 1 millions de triangles suffisent pour les autres modèles, à l'exception de la n°118, présentant plus de gravures et donc simplifiée à 5 millions de triangles.



n°79, modèle simplifié à 1 millions de triangles

Le modèle 3D est ensuite exporté et peut être utilisé dans n'importe quel programme de création 3D.

3.4 - Rendu

Dans mon cas, j'utilise Maya. J'importe le modèle dans le logiciel et ne reste qu'à jouer avec l'éclairage et les matériaux pour mettre les gravures en valeur. Ce sont les images présentes dans le compte rendu que je vous ai fourni.

L'objectif de tout ce travail est de faciliter l'interprétation des gravures. En effet, le modèle 3D fourni étant dénué de couleur, il y a beaucoup moins de place à l'inerprétation et à la paréidolie.

Mais je laisse ce travail d'interprétation aux experts.