

Objet

Qu'elle soit aérienne ou terrestre, la photogrammétrie est une technique qui permet d'effectuer des mesures spatiales à partir de clichés photographiques, en utilisant la parallaxe obtenue entre des images acquises selon des points de vue différents.

Reproduisant la vision stéréoscopique humaine, la photogrammétrie a longtemps exploité celle-ci pour reconstituer le relief de la scène à partir de cette différence de points de vue. Actuellement, elle exploite de plus en plus les calculs de corrélation entre des images désormais numériques.

Cette technique repose entièrement sur une acquisition des images et une modélisation rigoureuse de leur géométrie afin de reconstituer une copie 3D fidèle de la réalité. Le développement des clichés numériques et des moyens de calculs de plus en plus puissants a fortement fait évoluer les applications de photogrammétrie (multiplication des clichés, bruit réduit, prise de vues convergentes, mise en œuvre facilitée, traitements rapides, exactitude des résultats...).

Appliquée aux relevés des réseaux, cette technique peut être mise en œuvre principalement de deux manières :

- Acquisition de clichés par des prises de vues terrestres



- Acquisition de clichés par voies aériennes notamment en utilisant un drone (UAV) et en respectant la législation en vigueur



Cette fiche est dédiée aux opérations certifiées de géoréférencement d'ouvrages en classe A.

Elle comporte de nombreuses prescriptions car cette technique utilise de nombreux paramètres indispensables pour garantir la classe A.

A noter que la photogrammétrie peut être utilisée pour d'autres usages.

Processus d'acquisition des données

A. Logiciels

Le nombre d'éditeurs de logiciels de traitement photogramétrique est large et les processus à mettre en œuvre pour atteindre une précision de 10 cm (gabarit de classe A de précision) sont souvent dépendant des solutions logicielles.

Prescriptions

L'utilisateur doit être en mesure de fournir la note technique des préconisations de l'éditeur de la solution de traitement photogramétrique utilisée, ceci de façon à garantir les précisions attendues.

B. Choix des points d'appui

Un point d'appui est un détail, matérialisé ou non, géolocalisé, clairement défini et identifiable à la fois sur le terrain et sur les images. Les points d'appui permettent ainsi le géoréférencement des modèles 3D issus des traitements photogrammétriques.

Lors d'un traitement photogrammétrique, la précision du point d'appui résulte de la combinaison de l'incertitude du relevé GNSS, et du pointé (résidus de pixels du point d'appui, dépendant de sa distance par rapport à l'objectif).

Prescriptions

- ✓ Les coordonnées des points d'appui doivent être déterminées dans les systèmes de référence nationaux et légaux en vigueur (c-à-d le Réseau Géodésique Français 1993 (RGF 93) pour les données planimétriques, et le Nivellement Général Français pour les données altimétriques (NGF 69 pour la France continentale, et NGF 78 pour la Corse)) par un prestataire certifié, qu'il soit lui-même l'opérateur des prises de vues ou non, en utilisant des points d'appui d'une précision minimale 3D de 5cm, pour permettre d'atteindre la précision finale requise.
- ✓ Utiliser 4 points d'appui au minimum pour permettre de géoréférencer, orienter et mettre à l'échelle l'acquisition. Le nombre de points d'appui doit être adapté aux dimensions et au relief du levé et encadrer la zone traitée.
- ✓ Ces points d'appui doivent être répartis dans l'espace sur la zone de levé et l'encadrer toute entière.
- ✓ Placer les points d'appui de telle manière qu'ils ne soient pas alignés, afin d'éviter les phénomènes de basculement. La répartition des points d'appui doit également concerner la composante altimétrique (des points d'appui en surface, et d'autres au fond de la fouille lorsque c'est possible).
- ✓ Equiper d'au moins deux points d'appui les changements d'orientation ("virages") de la zone de levé.
- ✓ Chaque point d'appui doit être visible sur au moins 3 images (la prise de vue doit donc "englober" ces points d'appui).
- ✓ La taille et la forme des points d'appui doivent être adaptées à la résolution de l'image. Ils doivent permettre un pointé (automatique ou non) au moins aussi précis que la précision globale attendue.

C. Méthode d'acquisition des données

Prescriptions

- ✓ Utiliser les processus et caméra d'acquisition préconisés par l'éditeur de la solution de traitement photogrammétrique.
Rappel : il est conseillé un recouvrement de 70% au minimum pour assurer un nombre suffisant de points de liaison entre images. Ce recouvrement permet d'assurer la complétude du modèle.
- ✓ Faire une acquisition régulière dans l'espace. Effectuer un déplacement en maintenant une constance de recouvrement, de vitesse, de direction, et de distance de prise de vue.
- ✓ Interdire les prises de vue par rotation du capteur autour d'un pivot. Le déplacement du capteur est impératif.
- ✓ Réaliser les clichés en fouilles ouvertes sur canalisations non nettoyées, sans eau ou glace sur canalisation ou en fond de fouille (lors d'acquisitions photogrammétriques, les surfaces non texturées ne sont pas recommandées).
- ✓ Limiter au maximum les zones masquées (exemple : présence de barrières ou de mouvements dans la scène véhicules, piétons etc.), si besoin en multipliant les prises de vues autour des fouilles. Il faut bien noter que dans les angles morts aucun traitement ne sera possible.

D. Qualification du produit rendu

Prescriptions

- Pour chaque mission de géoréférencement, le prestataire fournit un rapport de traitement comprenant :**
- ✓ **Les résidus sur au moins 3 points de contrôle (le nombre dépendant de la taille du chantier), situés chacun entre deux points d'appui consécutifs.**
 - ✓ **Les coordonnées des points de contrôle doivent être déterminées avec la même précision que les points d'appui, si possible lors de la même acquisition. Ces coordonnées sont déterminées par un prestataire certifié, qu'il soit lui-même l'opérateur des prises de vues ou non.**
 - ✓ **Les points de contrôle doivent être répartis dans l'espace de façon homogène, suffisamment loin des points d'appui, idéalement à égale distance de deux points d'appui consécutifs.**
 - ✓ **Les résidus présentés sur les points de contrôle peuvent être issus d'un contrôle externe à la compensation utilisée (indépendants du logiciel), ou directement fournis par le logiciel s'il le permet.**
 - ✓ **Les erreurs résiduelles sur les points de contrôle (en mm), doivent respecter le guide d'application de la réglementation Fascicule 2 - 4.3.1 : Conditions requises pour atteindre la classe de précision A (ou la Norme NF S70-003-3 chapitre 5.1 « gabarit d'erreurs ») et sont la garantie unique de la précision du résultat.**
 - ✓ **La moyenne des erreurs résiduelles de positionnement des images (en mm) doit être fournie.**

Nota : des traitements sans points d'appui au sol sont envisageables (capteur directement géoréférencé et orienté : ex drone RTK). Dans ce cas, les résultats sur les points de contrôle valident la procédure.

Avantages – inconvénients

Avantages :

La mise en œuvre de la photogrammétrie permet une réduction importante du temps d'acquisition. Un bloc image pourra être réalisé rapidement sur le terrain, sans retarder outre mesure les opérations de remblaiement.

Le modèle 3D corrélé (ou « image solide ») obtenu présentera une grande exhaustivité dans la description des surfaces modélisées. Il est à noter que les contrastes obtenus sur des tranchées de génie civil sont en général très favorables à une corrélation de qualité.

Inconvénients :

La durée du post-traitement varie en fonction des solutions logicielles utilisées et de la qualité des images en entrée. Des difficultés de corrélation peuvent être rencontrées si les images ne sont pas prises en nombre suffisant et selon une disposition adéquate.

À l'exception des prescriptions en rouge, il s'agit ici de recommandations génériques non exhaustives qu'il appartient à l'entreprise d'adapter, le cas échéant, pour tenir compte de son analyse technique complémentaire préalable au chantier.

Objet

Le mètre-ruban (décamètre) et le distancemètre-laser sont des outils simples et accessibles qui permettent, avec un minimum de précautions à respecter, de rattacher des points de mesures à des points de référence

Les principales précautions, détaillées au paragraphe Précisions, concerneront :

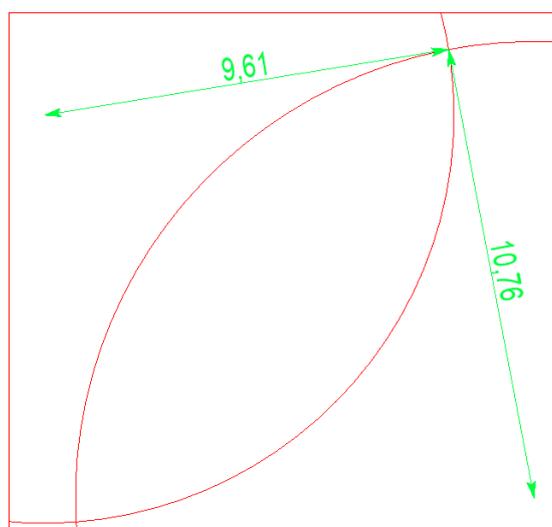
- la qualité du mètre ruban ;
- l'horizontalité des mesures de distance, nécessitant l'usage d'un fil à plomb ;
- la rectitude du mètre ruban.

1- Relevé par intersection de mesures :



3 Mesure directe sur un réseau au mètre-ruban

Cette technique est la plus simple à mettre en œuvre, elle nécessite peu de matériel. Elle consiste à mesurer, à partir de plusieurs points de référence, les distances au point à déterminer. Il faut utiliser au moins trois points de référence, afin d'assurer la détermination du point relevé. En effet, cette méthode revient à effectuer (calculer) des intersections de cercles, or deux cercles sécants ont deux points communs et non un seul ! Il est donc impératif, notamment si le plan est traité par une autre personne que celle qui a pris les mesures, de disposer au moins d'une troisième mesure afin de lever toute ambiguïté.



Le choix des points de référence influe directement sur la précision de la détermination du point relevé. On choisira, autant que possible, des points régulièrement répartis autour du point à relever et dont les mesures s'intersectent en formant un angle aussi proche que possible de l'angle droit. Si les mesures forment un angle trop aigu, la précision de la détermination se dégrade très vite. Dans ce cas il est recommandé d'utiliser une troisième mesure.

4 Détermination par intersection de mesures