LA SCANNERISATION 3D LIDAR : UNE NOUVELLE TECHNOLOGIE AU SERVICE DE L'ÉTUDE DES ESCARPEMENTS INSTABLES. PRÉSENTATION DE L'OUTIL

T. VILLEMIN

RÉSUMÉ : Cet article présente les possibilités offertes par la technologie LIDAR (Light Detection And Ranging) pour scanneriser en 3D des volumes et panneaux rocheux suspectés d'instabilité. Cette technique peut être associée à d'autres techniques (« image solide », photogrammétrie, …) pour optimiser le suivi des escarpements dangereux.

RISCURI SI CATASTROFE
Vol. IV, Nr. 2 / 2005

La technologie LIDAR (Ligth Detection And Ranging) permet la mesure de distance à l'aide d'ondes électromagnétiques infrarouges. Cette technique a d'abord été couplée à des théodolites optomécaniques, soit sous la forme d'un distancemètre rapporté, soit sous une forme intégrée à l'instrument (stations dites totales). Dans un premier temps, la sensibilité étant insuffisante, on ne pouvait utiliser cette mesure que sur des cibles réfléchissantes spécifiques (prismes). Depuis une dizaine d'années, il est possible de tirer parti de la rétrodiffusion et donc d'utiliser les surfaces rocheuses naturelles comme une multitude de cibles réfléchissantes.

Cette fonctionnalité est maintenant intégrée à la plupart des stations totales. Mais elle a aussi donné lieu au développement d'instruments spécifiques dont la fonctionnalité est de mesurer la position spatiale d'un grand nombre de points (typiquement plusieurs millions) à grande vitesse (typiquement plusieurs milliers par seconde) et avec une précision dans la mesure de distance qui varie entre le demi et quelques centimètres suivant les cas et les techniques utilisées. Il s'agit donc de véritables systèmes de scannerisation 3D.

Les acquisitions se font soit d'un point fixe soit depuis un porteur mobile (avion ou hélicoptère). Depuis un point fixe s'opère un double balayage de l'espace : typiquement le balayage d'une ligne verticale est répété par rotation de l'instrument (Fig. 1). Les systèmes aéro ou héliportés fonctionnent avec un balayage simple, dans une direction perpendiculaire à la trajectoire, la deuxième direction de balayage résultant du déplacement (Fig. 2). Dans ce cas le système doit être couplé à une mesure précise et haute fréquence de la trajectoire suivie par le porteur, ainsi qu'une mesure de son altitude. Ces informations sont indispensables au repositionnement spatial des différents faisceaux de

scannerisation (Fig. 2). Même si ces informations peuvent être connues actuellement avec une grande précision grâce notamment au GPS différentiel, les scannerisations aériennes restent de moindre précision comparées à leurs équivalents terrestres.

Dans les deux cas la résolution des systèmes est fixée par le pas angulaire de balayage. Pour le LIDAR terrestre celle-ci peut atteindre 10 mgon, ce qui permet une résolution au sol subcentimétrique à quelques centaines de mètres, pour des visées perpendiculaires à la surface. Dans l'approche terrestre plusieurs points de vue peuvent être associés pour pallier aux zones d'ombres inhérentes à la rugosité des surfaces, à la complexité 3D des surfaces et à la diminution de la résolution avec l'éloignement. La recherche de ces points de vue est le plus souvent le facteur limitant. La portée, kilométrique au maximum des instruments, oblige malheureusement le plus souvent à choisir des points de vue très tangentiels.

Cette technologie apporte incontestablement de nouveaux moyens d'investigation des escarpements rocheux. La première retombée est d'offrir une mesure morphométrique dense et de précision de la surface des affleurements (Fig. 3). Les éperons, monolithes et autres surplombs rocheux menaçants peuvent être convenablement dimensionnés et orientés. Les modèles mécaniques sont plus proches de la géométrie réelle et les estimations de facteurs de stabilité rendus plus précis. La recherche des meilleures solutions de confortement et l'évaluation de leur coût en sont facilitées. Indépendamment de la mesure de forme globale des objets, des recherches peuvent également être menées sur certains détails morphologiques des surfaces : repérage 3D et orientation des fractures recoupant l'affleurement, analyse précise des effets thermiques différentiels liés à l'ensoleillement…

Même si la scannerisation LIDAR apporte en elle même une information substantielle, elle est aussi très complémentaires d'autres techniques, plus classiques : ainsi elle peut rajouter une dimension quantitative à l'interprétation de clichés simples par utilisation de la technique dite d'image « solide ». Cette approche consiste à faire correspondre à chaque pixel d'une image (cliché numérique ou cliché argentique numérisé) une position spatiale. Chaque pixel est alors géoréférencé, permettant de mesurer directement sur l'image d'un objet complexe des distances, des orientations, des contours 3D… Enfin, dans les approches envisagées et encore expérimentales on peut citer la scannerisation différentielle (à différentes époques) qui devrait permettre la détection des changements de forme (repérage et volumétrie des blocs qui se sont détachés de l'affleurement, évolution locale en gonflement ou retrait…).

Le LIDAR peut également tirer profit de l'association avec d'autres techniques de mesure 3D : ainsi la photogrammétrie, devenue simple d'emploi et peu coûteuse, permet de compléter les « trous » dans les modèles 3D.

RISCURI SI CATASTROFE Vol. IV, Nr. 2 / 2005

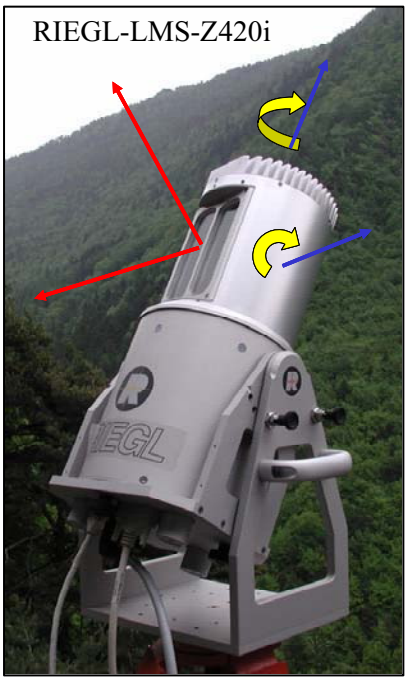

Figure 1.Exemple de scanner LIDAR terrestre. Ce type d'outil acquiert 9000 points par seconde, avec une précision comprise entre 5 et 10 mm et une portée variable entre 250m et 900 m suivant le mode utilisé. L'outil est composé d'une tête tournant autour d'un axe, le balayage est assuré par un miroir interne oscillant autour d'un axe perpendiculaire à la visée et l'axe de rotation de la tête. La résolution angulaire est de 10 mgon.

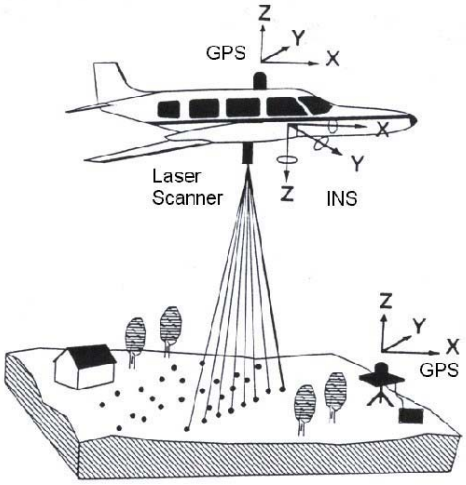

Figure 2. Principe de la topométrie LIDAR aéroportée. L'avion survole le terrain à une altitude comprise entre 500 et 2000 m. Le faisceau unique du LIDAR balaye le sol dans une direction perpendiculaire à l'avancée de l'avion. L'ouverture du pinceau est de l'ordre de 20° pour rester perpendiculaire au terrain. Pour scanneriser une surface inclinée (escarpement,pente forte) il convient d'orienter le faisceau au plus proche de la perpendiculaire du terrain.

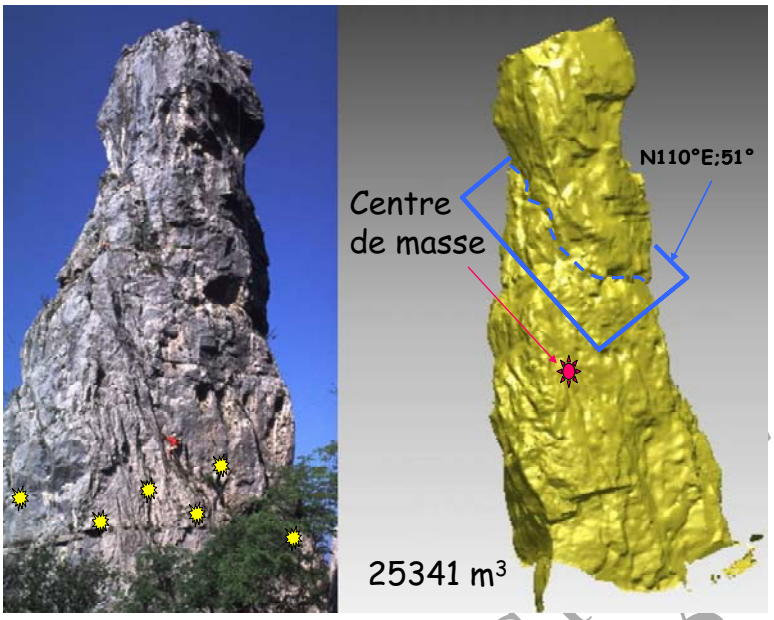

Figure 3. Exemple d'étude réalisée à l'aide d'un scanner LIDAR terrestre : le monolithe rocheux a été couvert par 4 acquisitions depuis 4 points de vue qui ont été assemblés. La modélisation de la surface permet d'estimer le volume avec un grande précision, de déterminer la position du centre de masse et d'identifier les éventuels sous-blocs constitutifs du monolithe

RISCURI ŞI CATASTROFE
Vol. IV, Nr. 2/2005