LES APPORTS DE L'ACQUISITION GÉOMÉTRIQUE HAUTE DENSITÉ PAR SCANNAGE 3D DANS LA PRÉVENTION ET LE TRAITEMENT DES CHUTES DE BLOCS

E. VARREL

RÉSUMÉ. Après une brève présentation de ce nouvel outil qu'est le scanner laser 3D, sont donnés deux exemples d'application à la gestion de l'aléa chutes de blocs rocheux, pris dans le Jura français.

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

I – Rappel de la méthode

Le scannage 3D est une nouvelle technologie de mesure permettant de réaliser des clones 3D d'objets et de scènes. Cette discipline a pour but de restituer en numérique et de manière extrêmement fine, la morphologie, les dimensions et la nature des éléments étudiés.

Elle apporte simultanément une information quantitative (distances, surfaces, volumes) et qualitative (sémantique, couleur, réflectivité) qu'aucun autre capteur ne peut fournir à qualité équivalente.

Le système d'acquisition des données est constitué de deux capteurs (photo.1) :

- Un distance-mètre laser haute résolution, longue portée (précision de la mesure suivant les appareils de 5 mm à 10 mm, vitesse de mesure quelques milliers de points à la seconde)
- Un appareil photographique numérique métrique calibré

Les deux capteurs sont solidaires et calibrés dans un même système de coordonnées unique. Le premier scannérise l'enveloppe en 3D alors que le second apporte l'information thématique. Le cumul des deux assure une modélisation complète des objets.

Le nuage de points tridimensionnels (x,y,z) issu du scannage est inexploitable en l'état. Nous associons donc aux capteurs un logiciel de traitement spécifique. Ce logiciel exploite les derniers développements informatiques en matière de modélisation et de cartographie automatique.

Le résultat du traitement aboutit selon les besoins à des exploitations cartographiques de haute précision (restitution filaire équivalente à une restitution photogrammétrique, profils, courbes de niveaux), à un modèle maillé tridimensionnel, véritable clone numérique (modélisation TQC "Tel Que Construit")

exportable en DXF 3DFace ou exploitable en imagerie de synthèse, ou à des analyses géométriques plus fines (bilans volumétriques, quantification de déplacements ou déformations par comparaison de nuages de points ou de MNT, …).

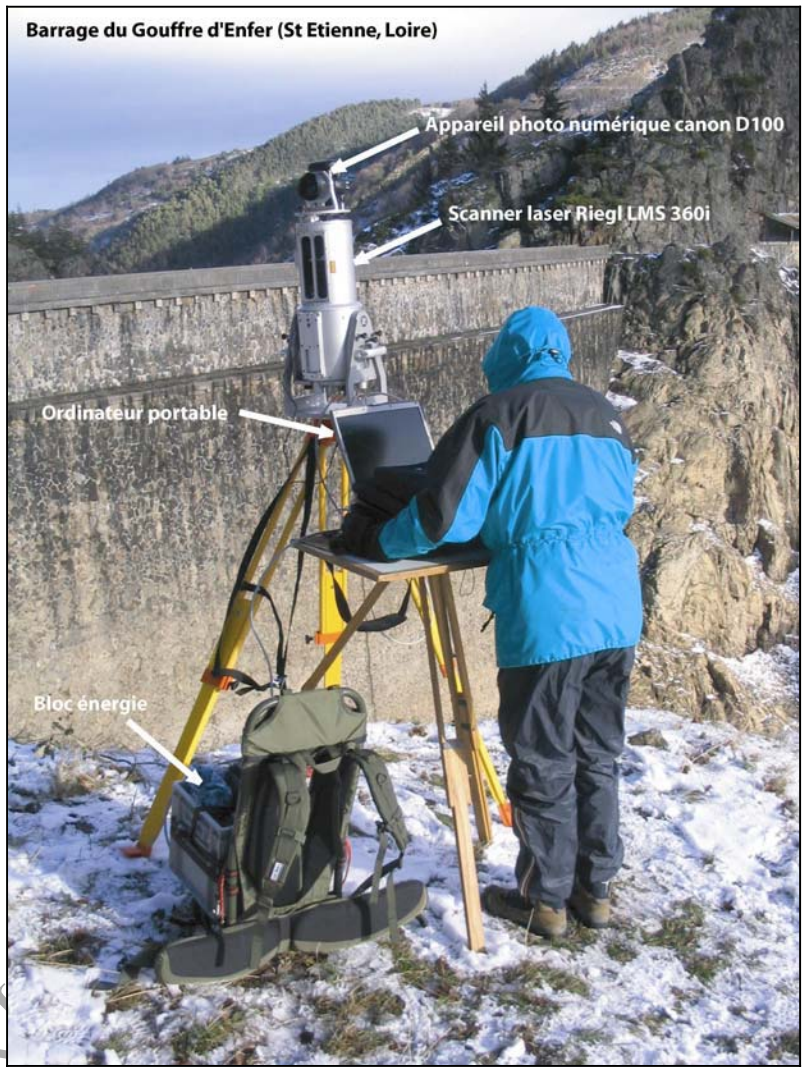

Photo1. Présentation du matériel d'acquisition

La densité d'information 3D, la rapidité d'acquisition, la mesure sans contact, font du scannage 3D un outil adapté aux études du géologue, notamment dans le domaine des risques naturels où la carte est le document de base de l'étude.

Les deux cas d'études suivants sont une illustration de l'utilisation du scannage 3D dans les problématiques de chutes de blocs.

II - Minage d'un éperon rocheux (Pontarlier, Doubs, Jura Français)

Le site d'étude se situe dans l'est du département du Doubs (sud-est de Besançon) sur le bord de la route départementale 437 (défilé d'Entre-roche) entre Pontarlier et Morteau (photo 2).

Photo 2. Éperon rocheux dominant la RD 437

Suite à un éboulement de quelques dizaines de mètre cubes, en 2003, une étude de stabilité de versant a été demandée par le conseil général du Doubs (gestionnaire de la route). Les conclusions de l'étude ont montré un risque d'éboulement à court terme sur un éperon rocheux calcaire d'environ 2000 m^3. La solution retenue pour sécuriser le versant est le minage de l'édifice rocheux.

Un plan précis de l'éperon rocheux était nécessaire pour étudier le projet de terrassement. La méthode de levé haute densité par scannage 3D a été retenue (photo 3).

Photo 3. Matériel en cours d'acquisition

La zone couverte par le scannage s'étend sur une largeur d'environ 40 m pour une longueur de 30 m. Cinq positions de scan ont été nécessaires pour lever toutes les faces de l'éperon rocheux. Le positionnement précis des scans entre eux est assuré par un ensemble de cibles hautement réfléchissantes, identifiées et scannérisées automatiquement par le scanner laser. Les cibles sont au préalable coordonnées par les méthodes de levé topographique classique (GPS, tachéomètre) dans un système géodésique.

Le scannage a été réalisé avec le scanner laser Riegl LMS 420i dont la précision de mesure est de 10 mm.

Le recalage logiciel des différentes positions de scans s'effectue avec les coordonnées des cibles réfléchissantes. Cette opération diminue la précision (20 à 30 mm).

Le nuage de points complet couvrant l'ensemble de l'éperon rocheux et des abords immédiats compte 6 millions de points, pour une densité de 1 point tous les centimètres.

L'intervention a demandé une journée de débroussaillage et une journée de scannage.

RISCURI ŞI CATASTROFE VOL IV, NR. 2 / 2

A partir des données du nuage de points complet, le logiciel construit une surface constituée par des facettes triangulaires (modèle surfacique 3D, mesh). Pour limiter les temps de calcul logiciel, nous avons adapté la densité du nuage de points à la précision demandée : un point tout les 10 cm au maximum (Fig.1.).

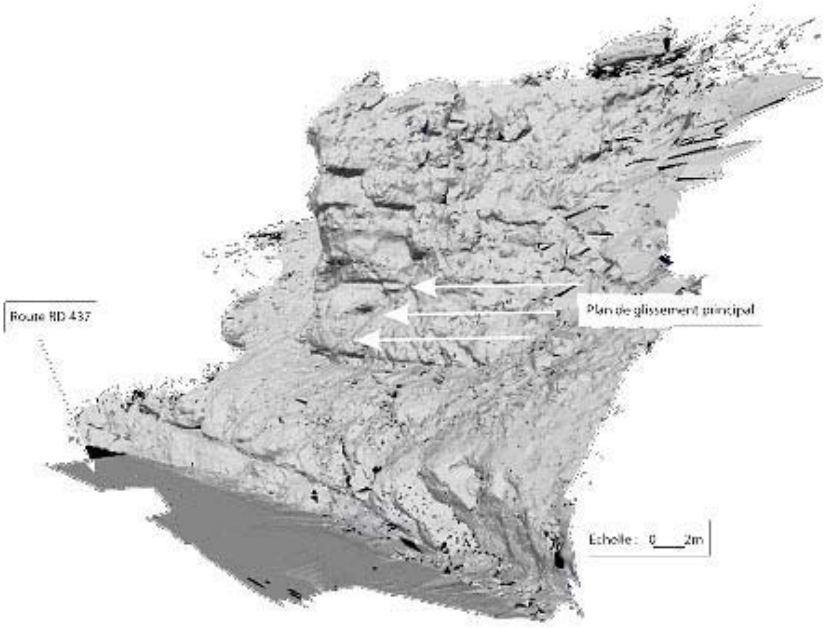

Fig. 1. Maillage surfacique 3D de l'éperon rocheux

Les observations géologiques ont permis de localiser 3 fractures principales, déterminantes pour la stabilité de l'éperon. La finesse géométrique du modèle surfacique 3D permet de positionner précisément les fractures. Cette étape nous permet d'appréhender visuellement le découpage de l'éperon dans son ensemble, en 3D. Le projet de terrassement de l'éperon rocheux est donc testé numériquement en temps réel en tenant compte des contraintes géologiques (fractures), et morphologique (pente). Cette approche permet d'optimiser la géométrie (risbermes, talus, contre pente) et l'emprise du projet de terrassement.
Le calcul de cubature est extrait automatiquement du logiciel.

Différents projets de terrassement peuvent ainsi être testés plus précisément et plus rapidement que par les méthodes classiques (plans et coupes 2D). La solution retenue (Fig.2.) optimise la géométrie du projet mais aussi fournit

RISCURI şi C
VOL.17, Nr.

au client une estimation financière précise des coûts de terrassement (volume précis).

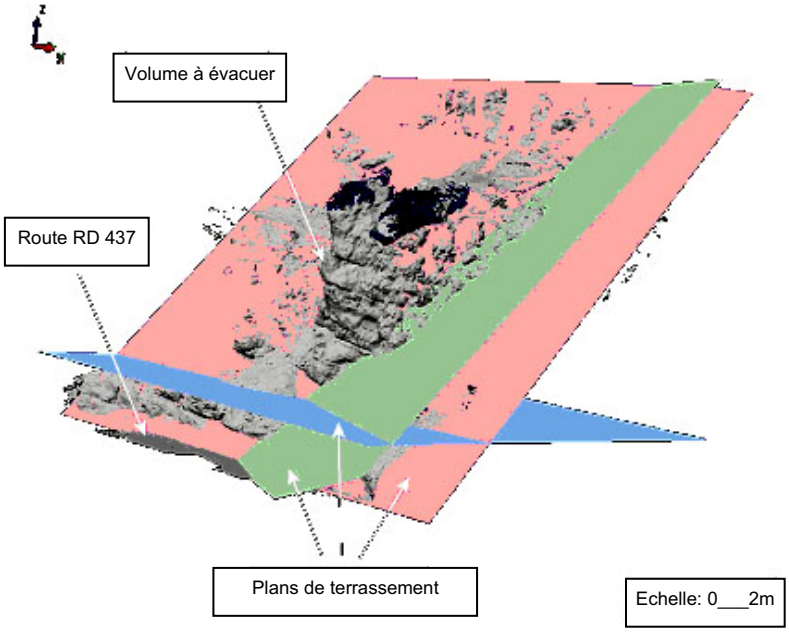

Fig. 2. Plans de terrassement

III - Carte des aléas chutes de blocs (Cerdon, Ain, Jura méridional français)

Le site d'étude se situe dans l'est du département de l'Ain (sud-est de Bourg en Bresse), sur la commune de Cerdon.

Le hameau de Préau (commune de Cerdon) est dominé à l'est par un versant abrupt boisé, marqué schématiquement par 3 niveaux successifs de falaises (photo 4):

- Une barre inférieure, 30 m de haut, marque le pied du versant
- Une barre médiane, 20 m de haut
- Une barre supérieure, 30-50 m de haut, marque le sommet du versant

Une partie des habitations est directement adossée à la barre de falaise inférieure. Régulièrement, les toits de ces habitations subissent des chutes de pierres provoquant des dégâts jusqu'à présent minimes.

Afin de concilier aménagement du territoire et sécurité des biens et des personnes vis à vis des risques naturels, un Plan de Prévention des Risques naturels **prévisibles** (PPR) a été prescrit sur le hameau de Préau. Une cartographie de l'aléa chute de blocs et de pierres qui sera annexée au Plan de Prévention des Risques naturels prévisibles, nous a été demandée.

RISCURI SI CATA
Vol. IV, Nr. 2 / 20

Photo 4. Photo du site d'étude

Une visite de terrain a permis de confirmer la présence de nombreuses instabilités rocheuses sur l'ensemble des barres de falaises. Un inventaire et une localisation des principales instabilités ont été réalisés à partir de prises de vues photographiques.

Pour mener à bien l'étude, la carte de l'IGN au 1/25000e n'était pas assez précise (photo 5), notamment pour effectuer une analyse trajectographique sur les instabilités rocheuses identifiées.

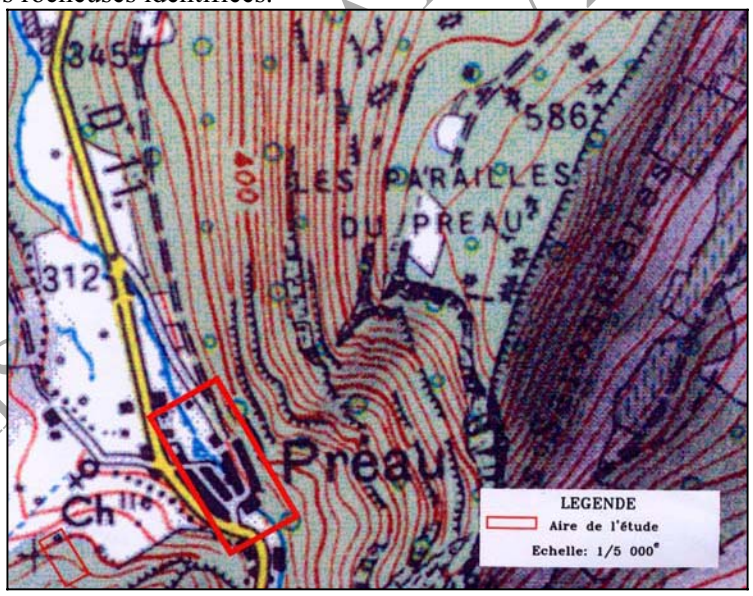

Photo 5. Extrait de la carte IGN 1/25000e Nantua 320OT)

Nous avons donc effectué un levé cartographique de la zone en réalisant un scan depuis le versant ouest de la vallée. Les données de scannage ne sont pas calées dans un système géodésique standard.

Pour avoir un maximum de détail morphologique du versant, nous avons utilisé une résolution fine ; le nuage de points de la position de scan totalise 9 millions de points. La distance maximale de tir était de 550 m ; la densité brute du scan est de un point tous les 15 cm à 400 m.

La végétation arbustive dense (buis, chêne) qui couvre le versant, occulte partiellement la topographie. Pour établir une cartographie du relief nous avons procédé à un filtrage automatique de la végétation dans le nuage de points (Fig.3.). Seuls les points du sol sont conservés (moins de 20% du semis de points initial). Les densités varient en moyenne de 1 point tous les 0,3 m à 1 point tous les 1,5 m. L'information est néanmoins suffisante pour faire apparaître les principaux traits topographiques du versant (talwegs, vires, …).

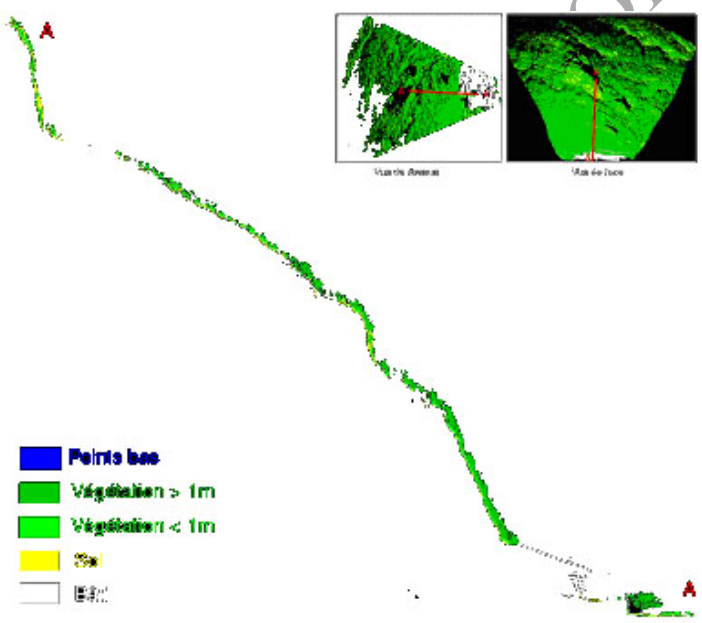

Fig. 3. Profil présentant les différentes classes de points: sol, végétation, points bas (= points faux)

L'analyse trajectographique a pu s'appuyer sur ces résultats cartographiques. Un plan en courbes de niveau tous les 2 m a permis de localiser, les trajectoires préférentielles des blocs en cas d'éboulement (Fig. 4). Des simulations trajectographiques ont été réalisées à partir du logiciel canadien ROCFALL (Fig.5) pour calculer les énergies cinétiques des blocs.

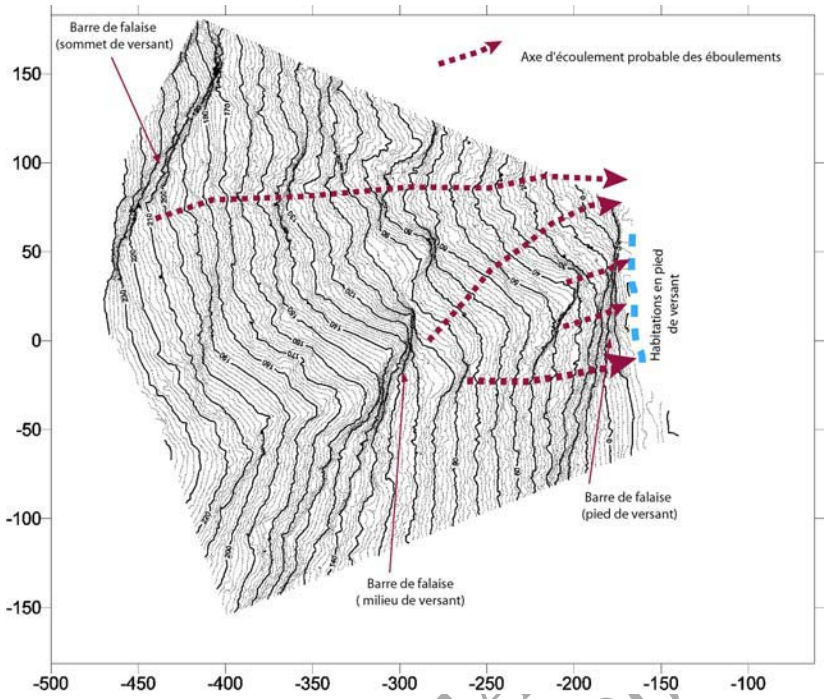

Fig. 4. Carte présentant les principaux axes, probables, empruntés par les éboulements

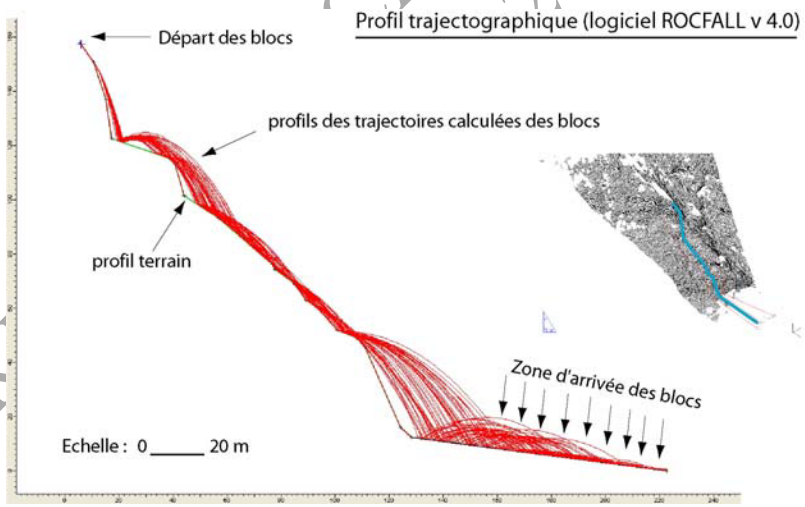

Fig. 5. Profil trajectographique

Ultérieurement, une étude de protection contre les chutes de blocs sera lancée. Les cartographies précises des falaises seront utilisées pour localiser et métrer avant travaux les protections passives (grillage plaqué, barrière grillagée, filet dynamique).

Conclusion

La scannérisation laser haute densité de parois rocheuses s'avère un puissant auxiliaire de gestion des risques liés aux écroulements et chutes de blocs. L'usage de cette méthode semble ainsi appelé à se développer dans un proche avenir.

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