

Une station d'essais de chutes de blocs dans les Alpes françaises

Marion Bost¹, Laurent Dubois², Jérôme Gineys³, Yann Goyat⁴, Frédéric Rocher-Lacoste⁵.

Introduction

Étant l'un des pays d'Europe ayant la plus forte densité de population en zone montagneuse, la France se doit d'être à la pointe des connaissances dans la maîtrise des risques d'éboulements rocheux (Photo 1). Aussi, l'Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux (IFSTTAR) consacre-t-il une part importante de ses recherches à ces risques. Ses études portent à la fois sur l'analyse du comportement des sols et des massifs, et sur les méthodes et dispositifs de protection. Comme toujours, les modèles théoriques doivent être validés par des essais expérimentaux s'approchant le plus possible de la réalité.

Jusqu'à maintenant, la France ne disposait d'aucun équipement capable de réaliser les tests pour l'agrément européen et les industriels devaient s'adresser à l'étranger. Les écrans de filet pare-blocs deviennent des alternatives intéressantes techniquement, suite à l'application du guide d'agrément technique européen : ETAG 27. La station d'essais de chutes de blocs de l'IFSTTAR-LCPC permet la certification des écrans pour toute la gamme d'énergie définie dans l'ETAG 27, qui impose la réalisation d'essais d'impact sur des ouvrages en vraie grandeur et remplacera progressivement l'actuelle norme française relative aux écrans de filets (NF P95-308 de décembre 1996) au cours d'une période de transition jusqu'au 31 décembre 2014.

Présentation du site

Généralités

La station d'essais de chutes de blocs, construite à Montagnole, près de Chambéry, est la propriété de l'IFSTTAR, organisme de recherche du MEDDTL⁶. Le financement du projet a été entièrement assuré par des fonds publics (IFFSTAR, MEDDTL, Conseils généraux de l'Isère, de la Savoie et de la Haute-Savoie, RFF et SNCF). Le projet réalisé fait suite à trois précédentes expériences, dans des carrières abandonnées des Alpes françaises, expériences qui reposaient sur l'usage d'un téléphérique permettant le transport du bloc impacteur par câble. Ces projets ont été successivement abandonnés, le dernier en 2006, en raison de difficultés techniques (précision insuffisante des lâchers, effets dynamiques mal maîtrisés dans la struc-



Photo 1. Chutes de blocs à Barjac (48) en 1995 (cliché CETE de Lyon).

ture après les lâchers), ou par manque de financements.

Suite à ces échecs, le nouveau principe retenu a été la construction d'un atelier de largage des blocs en chute verticale au sommet d'une falaise de grande hauteur. Cette solution, plus fiable, permet également d'atteindre des énergies d'impact plus élevées qu'avec un téléphérique. La mise en service, à la fin de l'année 2009, est l'aboutissement d'un projet de plus de 20 ans. Suite à un inventaire complet des sites susceptibles d'accueillir la station d'essais dans les régions de Grenoble et de Chambéry, établi par le CETE de Lyon en 2006, une ancienne carrière, près de Chambéry, dans les contreforts du Massif de la Chartreuse, a été retenue en raison de la présence d'une falaise quasi-verticale d'une hauteur d'environ 80 m (Photos 2 et 3). L'extension de la falaise sur plus de plus de 90 m permet l'installation d'écrans de



Photo 2. La falaise avant le début du chantier de construction (cliché CETE de Lyon).

1. Université Paris Est, IFSTTAR – LCPC.

2. CETE de Lyon, Lyon, France.

3. Idem 2.

4. Idem 1.

5. Idem 1.

6. Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement.



Photo 3. Le site aménagé : essai MEL 3000 kJ sur un écran ELITE® (cliché GTS).

filets constitués de modules jusqu'à 20 m de longueur, à des hauteurs comprises entre 15 et 25 m par rapport au sol.

Le site correspond à un ancien carreau de carrière, relativement plat et régulier, qui convient aux manœuvres des engins de chantier et à la construction des ouvrages de protection à tester, de type merlons ou galeries pare-blocs. La configuration du site permet également d'envisager la construction d'un téléphérique ou d'un pendule pour la réalisation d'essais nécessitant des impacts horizontaux. Le site a été mis à disposition en 2007 par l'entreprise Vicat, qui a ensuite repris l'exploitation de la carrière pour la production de granulats au moment du début du chantier de construction de la station d'essais. D'un point de vue sécurité, la coexistence de ces deux activités demande une gestion rigoureuse.

Géotechnique

Parallèlement aux procédures administratives une étude structurale et géotechnique du site, basée sur la réalisation de sondages et d'essais de laboratoire a été

réalisée. Le plan de la falaise est constitué par des bancs calcaires d'âge Tithonique, redressés à la verticale et peu fracturés malgré la présence à proximité d'un accident tectonique majeur. Ces bancs calcaires massifs, d'une épaisseur supérieure à 15 mètres, présentent des caractéristiques physiques et mécaniques homogènes et élevées. La résistance à la compression de la roche est supérieure à 100 MPa. Ces caractéristiques permettent d'envisager la réalisation et la tenue des ancrages des écrans de filets montés en falaise dans des conditions très satisfaisantes.

Dispositif de largage des blocs

Entre janvier 2008 et avril 2009, le dispositif de largage des blocs a été étudié, construit et assemblé sur le site par un groupement de deux entreprises, GTS et RB-PIM. Il a été conçu pour lever et larguer des blocs de masse maximale égale à 20 tonnes depuis des hauteurs comprises entre 5 et 70 mètres par rapport au sol. L'énergie d'impact maximale pouvant être atteinte est donc très élevée, égale à 13 900 kJ. Il a donc été anticipé la possibilité de faire des essais d'impact sur des écrans de filets présentant des capacités d'arrêt comprises entre 5 000 et 1 000 kJ avec une vitesse d'impact d'au moins 25 m/s.

Le dispositif de largage des blocs est constitué :

- d'une flèche d'une longueur d'environ 25 mètres, formée d'une structure métallique rigide de type treillis, pouvant pivoter autour d'un axe fondé au rocher par l'intermédiaire d'ancrages passifs et d'un socle en béton ;
- d'un treuil d'une masse d'environ 5 tonnes, se déplaçant à l'intérieur de la flèche à l'aide d'un chariot ; 4 moteurs électriques de forte puissance sont nécessaires pour enrouler, dérouler et bloquer le câble de largage, de diamètre 38 mm ;
- d'un crochet à l'extrémité du câble de largage, d'une masse d'environ 8,3 tonnes. Environ 75 % de l'énergie emmagasinée dans le câble et la structure de la flèche avant un lâcher sont dissipés au niveau du crochet grâce à un système de contre-masse. Le reste de l'énergie est dissipé par la structure de la flèche elle-même et par un dispositif d'amortissement complémentaire par frottement sec entre l'axe pivotant et la flèche.

La masse totale du dispositif de largage des blocs est égale à environ 80 tonnes. La structure a été conçue en éléments modulaires de 7 tonnes chacun pouvant être levés depuis le pied de la falaise par une grue automotrice de forte capacité et assemblés en hauteur au fur et à mesure. Les mouvements du dispositif de largage des blocs sont radiocommandés depuis le pied de la falaise. Le

positionnement absolu du bloc avant lâcher (position angulaire de la flèche, positionnement du treuil dans la flèche, hauteur par rapport à la structure à tester) est connu grâce à des codeurs optiques rotatifs. La précision du lâcher, avec un vent faible à modéré, est meilleur que celle spécifiée par l'ETAG 27 (0,5 mètres autour du point d'impact théorique). L'utilisation du dispositif de largage des blocs n'est pas possible lorsque la vitesse du vent dépasse 30 km/h. Ce seuil est rarement dépassé sur le site de la station d'essais. Le déclenchement d'un lâcher est radiocommandé depuis un lieu protégé situé théoriquement hors d'atteinte d'éventuelles projections.

Équipements complémentaires

Des blocs en béton armé de masses égales à 250, 500, 750, 1 500, 2 500, 4 500, 7 000 et 11 500 kg sont disponibles pour la réalisation d'essais d'impact sur des écrans de filets des classes n°0 à n°8 de l'ETAG 27. Ces blocs sont déplacés au niveau du sol par une remorque spécifique tirée par un tracteur agricole de forte puissance. De plus, des blocs sphériques de masses égales à 2 500, 5 000, 10 000 et 20 000 kg sont également disponibles pour la réalisation d'essais de recherche pour faire des impacts directs ou indirects sur des structures.

Une centrale d'acquisition performante et modulaire, conçue pour les mesures dynamiques, permet de conditionner les différents capteurs mis en place sur l'ouvrage testé. Le déclenchement de l'acquisition est synchronisé et l'acquisition simultanée. La fréquence d'échantillonnage est programmable et identique pour tous les types de mesures. Des caméras numériques rapides performantes sont également utilisées pour mesurer la vitesse du bloc avant impact et les déformations de l'ouvrage testé.

L'instrumentation mise en place répond aux spécifications de l'ETAG 27. L'acquisition des capteurs et des caméras numériques peut être déclenchée à distance au moyen d'une radiocommande, par exemple immédiatement avant un lâcher. La centrale d'acquisition et les caméras numériques sont pilotées par des ordinateurs portables dédiés grâce à des liaisons Ethernet filaires ; des réseaux locaux peuvent être créés pour vérifier l'état de la centrale et des caméras avant et pendant un essai depuis le lieu où le lâcher est déclenché.

Conclusions et perspectives

La station d'essais de chutes de blocs constitue un équipement unique en France, accessible aux entreprises, aux bureaux d'études et aux organismes de recherche. L'objectif est l'amélioration de la fiabilité des ouvrages de protection contre les éboulements rocheux, mais aussi leurs dimensionnements, leurs modélisations et leurs durabilités.

En 2009 et 2010, à Montagnole, 12 essais d'impact sur écrans de filets par blocs ont été réalisés conformément à l'ETAG27 ainsi qu'une campagne d'essais de recherche avec des impacts directs sur une poutre en béton.

Pour mieux comprendre le comportement des écrans de filets au cours d'un impact et en obtenir une déformée en trois dimensions, une première campagne de mesure a été réalisée au cours de l'essai MEL 5 000kJ de l'entreprise GTS. Afin d'effectuer la mesure en trois dimensions, il a fallu réaliser l'acquisition de deux images de l'objet à mesurer sous deux angles de vue différents (principe de la dioptrie). La synchronisation des deux caméras numériques doit être parfaite afin d'enregistrer au même moment la même image. Le matériel n'étant pas optimisé pour cette première étude de faisabilité mais purement expérimental, il n'a été possible de suivre que cinq points du filet, tout au long de l'impact. Ces points ont été matérialisés par des rectangles en bois de 40 cm par 40 cm peints en différentes couleurs. L'analyse des images est en cours. L'étude 3D des écrans de filets par blocs est une recherche que l'IFSTTAR souhaite développer.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier au nom de l'IFSTTAR l'ensemble des co-financeurs ainsi que l'entreprise Vicat sans qui cette station d'essais n'aurait pu se faire. Nous tenons également à exprimer notre gratitude envers les fabricants d'écrans de filets par blocs (GTS et HC) qui nous ont fait confiance en venant tester leurs écrans sur ce site.

Références bibliographiques

- AFNOR, 1996 : Rock falling protection equipments. Net trap (NF P95-308), 1-12.
- EOTA, 2008 : Guideline for European technical approval of falling rock protection kits (ETAG 27), 1-53.
- Pollet N., 2011 : Gestion du risque rocheux. Géorail.