

Forages drainants à la Frasse

GÉNIE CIVIL

Une galerie de drainage de plus de 700 m a été creusée sous la masse instable du glissement de la Frasse. Elle vise à diminuer les pressions interstitielles dans la partie basse du glissement, et à réduire ainsi l'amplitude des déplacements qu'il engendre.

La structure géologique de la région de la Frasse est gouvernée par un synclinal couché dont l'axe est parallèle à la vallée de la Grande Eau (fig. 1). Son ossature est formée de roches rigides de la nappe des préalpes médianes, essentiellement des cornieules du Trias, des calcaires du Dogger et Malm et des couches rouges du Crétacé – Paléocène) alors que son cœur est constitué par les flyschs de la nappe de la Simme (roches argilo-gréseuses). Ces flyschs sont connus des géologues pour être très sensibles à l'érosion et comme étant à l'origine de nombreux glissements de terrain dans les préalpes (par exemple le glissement de Falli-Höllli, canton de Fribourg).

Le versant de Leysin est en général stable : les roches rigides du flanc renversé du synclinal forment un seuil naturel qui confine les flyschs tendres au plateau de Leysin (fig. 3). A la Frasse, un jeu de failles décrochantes fait que ce seuil rigide s'amincit brusquement, de sorte qu'il n'a pas pu résister à l'érosion du dernier épisode glaciaire. Une datation au carbone 14 sur un échantillon de bois prélevé lors des travaux

d'excavation de la galerie a montré qu'il y a environ 12 000 ans, les flyschs, privés de leur butée, se sont mis à glisser sur une largeur de 500 m. Depuis lors, l'écoulement de plusieurs dizaines de millions de m³ de matériaux a fini par repousser la Grande Eau contre le versant opposé.

Aujourd'hui, la masse glissée se compose de deux couches épaisses de plusieurs dizaines de mètres chacune : une couche inférieure profonde, constituée de matériaux remaniés anciens et stabilisés, et une couche supérieure active.

Les nombreuses études menées au cours des trois dernières décennies ont établi que le seuil rigide est toujours présent sous le glissement, mais qu'il a été fortement érodé. Ce seuil se situe sous la partie amont des zones les plus actives (« + » et « ++ » sur la figure 2). Il délimite deux systèmes de glissement, à savoir d'une part un système amont caractérisé par une pente moyenne de 12°, une épaisseur de la tranche active supérieure à 50 m et une vitesse d'avancement modérée à élevée (5 à 15 cm/an) et, d'autre part, un système aval avec une pente moyenne de 22°, une épaisseur inférieure à 30 m et une vitesse d'avancement très élevée (15 à 60 cm/an).

Finalement, il s'est avéré que ce seuil correspond à l'emplacement idéal pour la réalisation de la galerie de drainage :

- excavation en rocher,
- couverture rocheuse suffisante pour éviter tout problème lors de la construction et qui réduit à long terme toute déformation due au glissement lui-même,
- limitation de la longueur des drains,
- situation sous la partie amont des zones les plus actives permettant d'agir sur les pressions d'eau au meilleur endroit.

Géologie rencontrée pendant l'excavation

Les travaux d'excavation ont confirmé la pertinence du choix de l'implantation de la galerie, la quasi-absence de terrain meuble (2% seulement, pour 98% en rocher) et la rareté de venues d'eau. D'importantes zones de failles ont été traversées, sans conséquence toutefois pour la stabilité de l'ouvrage.



Fig. 1 : Vue du plateau de Leysin depuis la vallée du Rhône. Le synclinal est bien visible, tout comme les seuils de calcaires sur le flanc inverse. (Image Google Earth)

Fig. 2 : Vitesses du glissement de la Frasse (1985-2002). Zones vert - jaune : 1 - 15cm/an ; zones + et ++ : 15 - 60cm/an (modifié d'après Association technique NCG + EPFL, 2004)

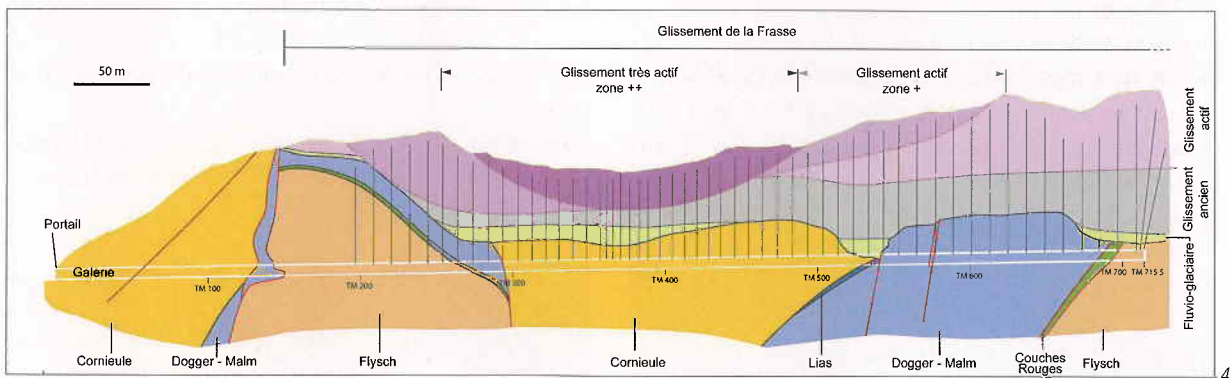
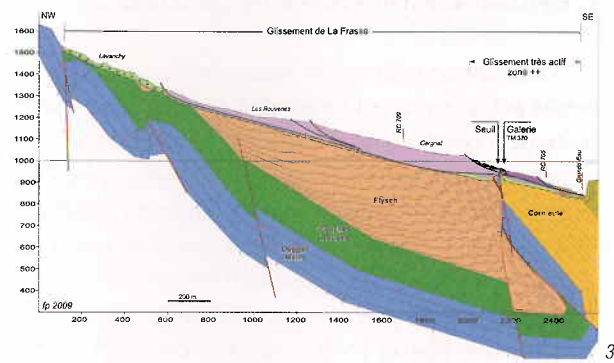
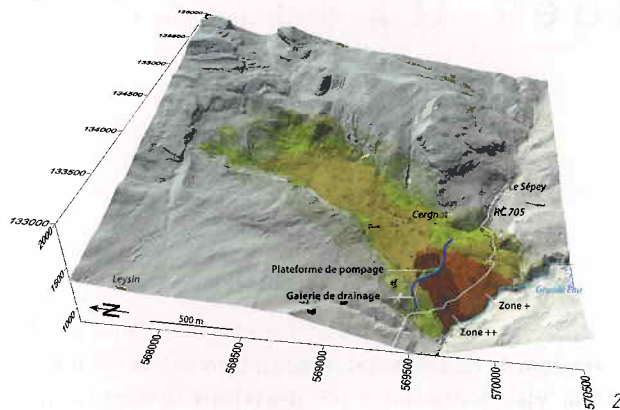
Fig. 3 : Coupe géologique : la galerie de drainage se situe sous le seuil formé de roches rigides du flanc inverse du synclinal de Leysin (modifié d'après DUTI, 1985)

Fig. 4 : Profil géologique en long selon l'axe de la galerie (mars 2009)

Tab. A : Roches traversées par la galerie et technique de construction (TM = distance cumulée depuis le portail)

Les roches et les terrains traversés lors de l'excavation de la galerie sont les suivantes (fig. 4 et tab. A) :

- Les cornieules sont des brèches à dominante dolomitique dans une pâte calcaire. Leur tenue s'est avérée bonne en phase d'excavation, facilitée par l'absence d'eau.
- Les roches du Jurassique sont majoritairement des calcaires massifs ou en bancs épais, très fracturés. Une petite zone de karst a été traversée dans le fond de la galerie (petite ouverture et courant d'air perceptible). Ces roches n'ont posé aucun problème lors de l'excavation.
- Les flyschs traversés par la galerie sont principalement des schistes sombres plus ou moins marneux, souvent altérés, de tenue médiocre. Quelques bancs compétents de grès calcaires (roches dures) y sont intercalés. Les venues d'eau observées lors du percement de la galerie étaient majoritairement localisées dans ces niveaux. Ces roches friables ont été systématiquement soutenues par des cintres métalliques.
- Les couches rouges sont des calcaires marneux lités rencontrés sur deux petites sections de 5 et 10 m.
- La section en terrains meubles est constituée d'un gravier limono-argileux à galets arrondis et de rares fragments de bois (échantillonnage pour la datation citée plus haut). L'absence d'eau a permis une excavation sans difficulté.



| Roche | Tronçon | Longueur | Méthode ex. | Type de soutènement |
|------------------------------|--|----------|-------------|--|
| Cornieules | TM 0 - 132 TM 297 - 524 | 359 m | Minage | 56 cintres sur 4 zones distinctes, notamment dans une zone de faille + béton projeté |
| Calcaires (Lias-Dogger-Malm) | TM 132 - 150 TM 275 - 297 TM 541 - 689 | 188 m | Minage | Clous + béton projeté |
| Flysch | TM 150 - 270 TM 702 - 715,5 | 133,5 m | Brise-roche | 133 cintres avec étrépillons + béton projeté |
| Couches rouges | TM 270 - 275 TM 689 - 702 | 18 m | Minage | 18 cintres avec étrépillons + béton projeté |

Fig. 5 : Le ROBOVEC, point fixe

Fig. 6 : Cible avec catadioptrite, point en mouvement
(Photos Gilbert Steinmann)

Ces nouvelles données ainsi que les échantillons prélevés dans les forages des drains serviront à préciser le modèle géologique du glissement de la Frasse. Ce travail est en phase de réalisation. Il apparaît déjà que l'épaisseur du rocher entre le toit de la galerie et le terrain meuble est en moyenne de 20 à 30 m, à l'exception du point bas (fluvio-glaciaire TM 524-541) qui correspond probablement à un ancien cours d'eau.

Programme de surveillance

Le glissement est l'objet de mesures d'auscultation depuis plusieurs années, notamment par le biais de plus de 30 piézomètres, dont certains sont équipés de sondes qui permettent l'acquisition des données à distance (une mesure/h), et d'une trentaine d'inclinomètres, dont beaucoup sont aujourd'hui cisailés.

En complément à ce monitoring standard, un appareil développé par l'EPFL et la société *GEODEV*, le ROBOVEC (appareil de mesure automatique), a été mis en place en 2006 par le Laboratoire de mécanique des sols (LMS). Cette installation fixe (semi-)permanente, située sur le versant opposé du glissement (fig. 5 et 8), permet le suivi en continu de la position en 3D de 14 cibles fixées sur le glissement (fig. 6). Le ROBOVEC

mesure par laser les distances et les angles (horizontaux et verticaux) entre un point fixe (ROBOVEC) et les cibles en mouvements. Il compense automatiquement les effets de la température et de l'intensité lumineuse sur les réflecteurs à l'aide de deux cibles de référence. La précision des mesures, qui dépend de la distance entre le ROBOVEC et les cibles, reste inférieure à 1 cm pour une distance de 600 m.

L'ordinateur qui pilote le ROBOVEC est connecté à l'Internet par une liaison WIFI. Il est piloté à distance, soit pour le téléchargement des mesures, soit pour le contrôle. Une webcam complète l'équipement. La figure 7 illustre les résultats des mesures recueillies d'août 2006 à février 2009. Le point de mesure 8, situé en dessous de la route cantonale, a enregistré un déplacement record de 40 cm en deux mois dû à de fortes précipitations en juillet et août 2007.

En plus de mesures régulières au théodolite, neuf nouveaux points de nivellement ont été placés lors de l'état des lieux des 25 habitations concernées par les travaux d'excavation de la galerie. A cette occasion, des géophones mobiles ont également été installés afin de mesurer, lors de chaque étape de minage, les vitesses et les fréquences de vibrations sur les bâtiments les plus exposés.



