

Surveillance en continu de la dalle du tunnel du Mont-Blanc par mesures de déformation

François-Baptiste Cartiaux¹

¹OSMOS Group, 37 rue la Pérouse, 75116 PARIS

RESUME La dalle sous chaussée du tunnel routier du Mont-Blanc fait l'objet d'une surveillance structurelle en continu par mesures de déformations depuis 2016. Cette dalle en béton supporte d'importantes charges de circulation et est sujette aux pathologies courantes dues au vieillissement du béton : attaques de chlorures et corrosion des armatures.

Le dispositif de monitoring présenté est constitué de capteurs de déformation autonomes mis en œuvre par OSMOS afin d'établir un diagnostic synthétique continu couvrant plusieurs parties de la dalle support des chaussées, en surveillant l'évolution de sa flexion sous charges permanentes et sous charges de circulation.

On présente la technologie déployée ainsi que la méthode d'analyse automatique des mesures conçue afin d'établir une synthèse régulière de l'évolution de la dalle et de détecter d'éventuelles anomalies. L'opération de surveillance décrite couvre deux phases différentes : de 2016 à 2018, un premier tronçon de 555 m de long a été suivi dans l'attente de sa reconstruction, menée à bien au printemps 2018. Ensuite, de 2019 à ce jour, les tronçons précédant et suivant sont suivis de manière préventive, pour un linéaire total de 1200 m. Ces deux tronçons feront également l'objet d'une reconstruction complète.

Mots-clefs tunnel, béton, mesure, déformation

I. INTRODUCTION

Ouvert à la circulation en 1965, le tunnel du Mont-Blanc est un tunnel routier monotube de 11,61 km de long et de 8,6 m de diamètre. A l'intérieur du tube, la chaussée est portée par une dalle en béton armé qui repose sur quatre voiles filants délimitant trois gaines : les gaines nord et centrale servent de galeries de service, la gaine sud permet l'évacuation de l'air vicié.

L'intrados de la dalle sous chaussée présente localement des désordres liés au vieillissement du béton, qui a dépassé 50 années : gonflement d'armatures corrodées, pertes du béton d'enrobage. La partie de la dalle située au-dessus de la gaine sud est relativement plus atteinte que les autres.

Afin d'assurer la pérennité sur le long terme de cette dalle, le GEIE Tunnel du Mont Blanc procède à des travaux de reconstruction à neuf. Ces travaux ont débuté en 2018 avec un premier

tronçon de 555 m au centre du tunnel. Ils doivent se poursuivre avec deux tronçons adjacents de part et d'autre.

Dans l'attente des travaux de reconstruction, les tronçons de la dalle qui présentent des défauts font l'objet d'une instrumentation qui permet de suivre en continu l'évolution éventuelle des déformations permanentes du béton armé. Cette instrumentation a été déployée par OSMOS en deux phases : sur le premier tronçon reconstruit, de 2016 à 2018, puis à partir de 2019 sur les deux tronçons adjacents pour un linéaire total de 1200 m.

II. INSTRUMENTATION DÉPLOYÉE

L'instrumentation mise en œuvre est constituée d'extensomètres à base longue de type Corde Optique de la gamme LIRIS. Ces capteurs sans-fil mesurent la déformation moyenne du béton sur leur longueur de deux mètres : un affaiblissement de la dalle sur le long terme dû à des pertes de matière, la perte de béton d'enrobage en particulier, ou par une surcharge d'exploitation routière à court terme, se traduit par une tension additionnelle en fibre inférieure de la dalle qui sera mesurée par le dispositif.

Les capteurs sont disposés dans la direction longitudinale du tunnel, sous la dalle, au centre de chacune des gaines. Chacun couvre ainsi une zone de deux mètres dans laquelle il est susceptible de détecter le développement d'un désordre qui se traduit par une évolution de la flexion de la dalle. La fixation des capteurs dans le béton est réalisée par ancrage mécanique de deux platines de fixation à leurs extrémités, à une profondeur de 7 cm environ dans le béton afin d'assurer un ancrage au-delà de l'épaisseur d'enrobage.



FIGURE 1. Vues de l'une des gaines avec une Corde Optique LIRIS en sous-face de la dalle

Les mesures sont prises continuellement à raison d'un point par heure. En complément et en cas de variation rapide des déformations mesurées, un enregistrement à 50 points par seconde est automatiquement déclenché afin de garder en mémoire les détails de l'évènement. En pratique, ce cas de figure s'est présenté à l'occasion du passage de convois exceptionnels, ce qui a permis de vérifier le retour de la dalle à son état initial à l'issue du passage.

Les capteurs mis en œuvre sont totalement autonomes, alimentés par batterie et dotés de routeurs radio pour la transmission des données. Les mesures sont relevées à distance grâce à des boîtiers connectés au réseau de fibre optique du tunnel, puis transmises à un serveur qui permet leur consultation sur une interface web dédiée.

Lors de la première phase, 56 Cordes Optiques LIRIS ont été déployées sur un linéaire de 555 m, réparties sur les trois gaines. Dans la phase actuellement en cours, 117 Cordes Optiques LIRIS sont installées sur un linéaire total de 1200 m. Les capteurs ne couvrent pas l'intégralité de la sous-face de la dalle : leur positionnement a fait l'objet d'un échantillonnage qui se concentre sur les zones localement les plus endommagées par le vieillissement du béton et sur quelques zones témoins moins endommagées.

III. RÉSULTATS

Les mesures relevées mensuellement à distance font l'objet d'une restitution instantanée sur une interface disponible sur internet. En plus des mesures brutes, un système de notation synthétique a été mis en œuvre, qui réalise une interprétation automatique des mesures brutes et délivre un indicateur simple pour chacun des emplacements instrumentés : note de A à F en fonction de l'évolution constatée.

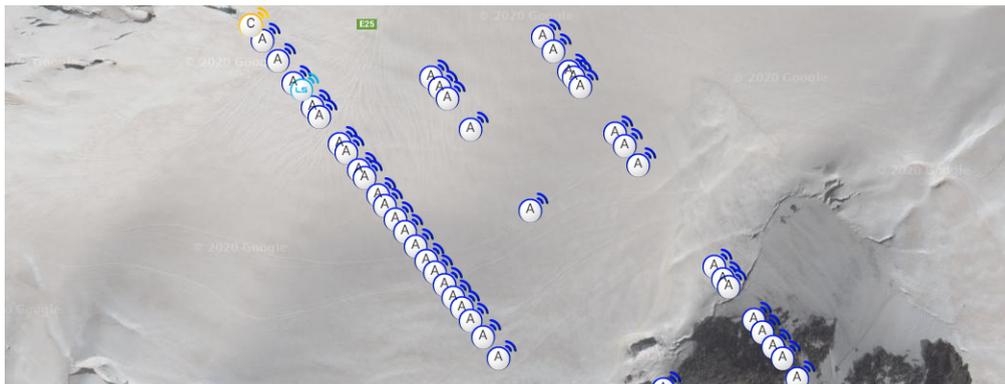


FIGURE 2. Présentation synthétique des indicateurs sur l'un des tronçons instrumentés

Cette interprétation automatique consiste à corriger tout d'abord les évolutions dues à la dilatation naturelle du matériau sous l'effet des variations de la température. Dans le cas du tunnel du Mont Blanc, cet effet est cependant très faible compte tenu de température qui est constante dans les gaines sous chaussées. La correction est effectuée empiriquement par analyse des corrélations entre les mesures de déformation et celle de la température ambiante, également mesurée par les Cordes Optiques LIRIS. Par la suite, la valeur corrigée est comparée à une échelle de seuils qui définissent les différentes notations successives. Une note F, correspondant à l'extension avérée d'un désordre, est donnée pour des déformations de l'ordre de 2‰, soit 2 mm/m, qui peuvent advenir par exemple en cas de chute du béton d'enrobage. Les notes intermédiaires permettent de rendre compte de dégradations progressives, par exemple une note B avec environ 0,1 mm/m correspondra à une potentielle ouverture d'une fissure ou une multifissuration.



FIGURE 3. Exemple de mesure correspondant à l'évolution locale d'un désordre, après correction thermique.

En sus de la notation automatique, la surveillance fait l'objet de rapports trimestriels dans lesquels les mesures sont présentées et commentées par un ingénieur structure d'OSMOS, en soulignant les éventuels emplacements qui nécessitent une investigation plus poussée. Le dispositif de surveillance en continu permet ainsi de planifier à bon escient les inspections détaillées en les orientant vers les zones dont l'évolution est la plus critique, ce qui est particulièrement important dans le cas de la gaine sud assurant l'évacuation de l'air vicié, non visitable en situation courante (intervention possible de nuit seulement une fois par mois).

IV. CONCLUSION

Le dispositif de surveillance en continu des déformations de la dalle sous chaussée du tunnel du Mont Blanc, opérationnel depuis 2016, permet d'obtenir une vue d'ensemble constamment mise à jour de l'évolution des désordres dus principalement au vieillissement du béton armé aux emplacements jugés les plus critiques.

Cette démarche s'inscrit dans une approche préventive de la gestion de l'infrastructure, en assurant une connaissance adéquate des évolutions de la dalle afin d'orienter efficacement les opérations d'inspection et d'éventuels renforcements temporaires qui seraient nécessaires dans l'attente des travaux de reconstruction.

REMERCIEMENTS

L'auteur tient à remercier le GEIE Tunnel du Mont-Blanc pour son support dans la mise en œuvre de cette communication.

REFERENCES

F-B. Cartiaux, P. Pelletier, & J. Semiao. (2019). Traffic and Temperature Effects Monitoring on Bridges by Optical Strands Strain Sensors. *5th Conference on Smart Monitoring, Assessment and Rehabilitation of Civil Structures*. http://data.smar-conferences.org/downloads/SMAR_2019_Proceedings.zip