

Zeitschrift: Tracés : bulletin technique de la Suisse romande
Herausgeber: Société suisse des ingénieurs et des architectes
Band: 132 (2006)
Heft: 08: Ouvrages ancrés

Artikel: Suivi d'ouvrages existants
Autor: Buchs, Thierry / Rigaud, Emmanuel
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-99462>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 30.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Suivi d'ouvrages existants

Ouvert au trafic à la fin de l'année 1974, le tronçon Vennes-Chexbres de l'autoroute A9 (UPlANS 005) a fait l'objet d'investigations et d'instrumentations en 2005. Tous les murs de soutènement ancrés et non ancrés ainsi que les culées de pont ont été examinés. Au total, des opérations ont été réalisées sur plus de 80 ouvrages. L'instrumentation mise en place doit permettre un suivi à long terme du comportement des ouvrages ancrés.

Compte tenu du relief particulièrement tourmenté des coteaux du Lavaux, le tronçon de la A9 entre Vennes et Chexbres a nécessité la réalisation de nombreux ouvrages d'art. Ils sont implantés dans des formations géologiques constituées d'une couverture morainique ou de colluvions fortement argileux et déposés sur un *substratum* de molasse (molasses de Lausanne, de Belmont, de la Lutrive, de la Cornalle, de la Veveyse, de Chardonne, etc.). Cette géologie présente en outre des caractéristiques géotechniques généralement peu favorables, ce qui a pour conséquence la présence d'un grand nombre d'instabilités de terrain touchant le tracé autoroutier. Le passage de l'autoroute au cœur de ces formations a donc nécessité la réalisation d'ouvrages de soutènement de conceptions diverses, mais essentiellement ancrés, qui ont permis jusqu'à ce jour de maîtriser ces instabilités. Ces ouvrages sont pour la plupart de type murs ancrés, constitués de plaques, de pieux et de longrines en béton dont la stabilité est assurée par des tirants actifs, scellés dans les zones stables du massif.

Les investigations et les instrumentations ont été réalisées au cours du printemps 2005 par des entreprises spécialisées. La problématique d'exécution était surtout liée aux contraintes de travaux sous trafic ainsi qu'à la coordination des nombreux intervenants interdépendants. La perturbation de la circulation a été limitée par l'utilisation de matériel de faible gabarit nécessitant uniquement la mise hors service de la bande d'arrêt d'urgence (BAU), la condamnation des voies de circulation ayant été limitée aux seules périodes de chargement et déchargement des machines par grue (fig. 1).

Au total, 59 ouvrages ancrés, situés en amont et en aval des chaussées d'autoroute ou sur des infrastructures situées à proximité, ont été vérifiés, auxquels il convient d'ajouter 21 ouvrages non ancrés.

Investigations

Les opérations d'investigation *in situ* visaient à définir l'état actuel des principaux éléments de construction garantissant la pérennité des ouvrages, à savoir les ancrages et les bétons armés, mais aussi les drainages.

L'investigation consistait au minimum à définir le type et les caractéristiques des ancrages choisis. Sur certains d'entre eux, une mesure de tension résiduelle au vérin a aussi été réalisée pour déceler une éventuelle sur- ou sous-tension du tirant. La caractérisation de l'ancrage comprenait une description de sa tête et des torons le constituant, avec des mesures géométriques des éléments, la détermination du fournisseur et l'appréciation des valeurs qualitatives de l'acier utilisé. Le niveau de corrosion a aussi été relevé. La tension résiduelle des ancrages a été déterminée par un essai de décollement effectué sur la tête d'ancrage, donc sur l'ensemble des torons. Lors du dégagement de la tête de certains ancrages, il a été constaté que des torons étaient rompus (fig. 2): ceux-ci ont alors été extraits pour analyser les causes de leur rupture.



Fig. 1 : Travaux sous trafic : installation d'une foreuse en tête de mur



2



3

Les principales difficultés des investigations ont été d'une part la recherche de la tête d'ancrage - noyées dans le béton de l'ouvrage (fig. 3) ou enterrées sous le terrain naturel (fig. 4) - et d'autre part la mise au point d'un système de liaison fiable entre la tête et le vérin d'essai.

Pour les ouvrages présentant des signes ou des risques de dégradation, l'état du béton a été qualifié en laboratoire sur des échantillons de carottes (mesures de profondeur de carbonatation et établissement du profil des chlorures) ainsi que par des essais *in situ* au scléromètre (résistance en compression du béton) et au profomètre (enrobage de l'armature).

L'état de l'armature a été contrôlé au droit des reprises de bétonnage, à la liaison entre la semelle et le voile. Cet état a été qualifié par observation visuelle sur des carottes d'un diamètre de 300 mm, forées obliquement, avec pour cible la liaison de bétonnage extradados (fig. 5). Cette opération a été rendue délicate du fait des imprécisions des plans conformes à l'exécution, qui rendaient quelque peu aléatoire l'interception de la liaison de bétonnage extradados.

L'état du drainage, qui sert à l'évacuation d'eaux souterraines susceptibles de provoquer des pressions inopinées, a été qualifié sur la base d'essais d'infiltration réalisés à l'arrière des murs (fig. 6). Du bleu de méthylène a été infiltré par des ouvertures dans les cunettes situées en tête de mur. Les volumes infiltrés ont été mesurés au niveau des barbacanes existantes ou, le cas échéant, au travers de nouveaux carottages à proximité du pied des murs.

Hormis pour les recherches de têtes d'ancrages sous le terrain naturel, tous les moyens matériels étaient transportables manuellement depuis la BAU ou depuis l'extérieur de l'autoroute. L'ensemble des travaux d'investigation a été réalisé sans condamnation des voies de circulation.



4

Fig. 2 : Torons rompus à proximité d'une tête d'ancrage

Fig. 3 et 4 : Têtes d'ancrage dégagées

Fig. 5 : Carottage du béton au pied d'un mur

Fig. 6 : Essai d'infiltration : démontage d'une cunette et préparation de la fouille

Au total, des investigations ont été réalisées dans les domaines suivants :

- 29 ouvrages avec caractérisations d'ancrage, dont 10 avec des essais de décollement;
- 40 ouvrages dont le béton a été testé;
- 33 ouvrages avec carottages de joint de bétonnage;
- 29 drainages testés.

D'une manière générale, les investigations ont montré que les causes principales de dégradation des ouvrages ancrés sont les défauts de protection contre la corrosion (conception et réalisation) des ancrages et la présence d'eaux corrosives derrière les ouvrages. Ces investigations ont en outre permis de mieux appréhender l'état actuel des ouvrages et d'optimiser ainsi l'approche risque et les modèles de calcul destinés à un suivi à long terme par la méthode observationnelle (voir article pp. 9-13).

Les résultats des investigations ont par ailleurs été transmis aux mandataires du tronçon Vennes-Chexbres en charge des rapports de vérification générale et détaillée des ouvrages selon le concept UPlaNS, c'est-à-dire au sens de la directive « Tirants d'ancrage » de l'OFROU.

Instrumentations

Les instrumentations concernent l'installation *in situ* d'appareils pour mesurer l'évolution des déformations du terrain et des ouvrages, ainsi que pour le suivi des niveaux des nappes phréatiques. Les données recueillies permettent de mettre en place une méthode « observationnelle » pour le suivi de la stabilité des ouvrages et de la stabilité d'ensemble des versants intéressants l'autoroute.

Les instruments installés mesurent le basculement de l'ouvrage (clinomètre), l'évolution des déformations d'une

fissure existante (témoins de fissure), l'efficacité du drainage à l'arrière du mur et le niveau de charge permanente (piézomètre) ainsi que les déplacements du sol à l'arrière de l'ouvrage (inclinomètre et extensomètre). Ces équipements nécessitent la pose d'un support fixé sur l'ouvrage (consoles clinométriques et pions de témoins de fissure) ou dans le terrain (tubes piézométriques, tubes inclinométriques et tiges extensométriques).

L'installation des supports a exigé l'utilisation d'une nacelle pour la fixation des points de mesure, des témoins de fissure et des consoles clinométriques, ainsi que d'une foreuse pour l'installation des tubes. La réalisation de forages en tête d'ouvrage (à partir d'une plateforme de travail) ou depuis la BAU (sans encombrer le gabarit routier) a nécessité l'utilisation de foreuses de gabarit réduit.

Au total, ce sont 23 ouvrages qui sont équipés avec des clinomètres, 10 avec des témoins de fissure, 43 avec des inclinomètres, 41 avec des piézomètres et 4 avec des extensomètres.

Traitement et analyse des mesures

Le traitement et l'analyse des mesures servent à classifier le comportement des ouvrages selon des degrés de risques d'instabilité. Les données sont recueillies lors de campagnes de mesure portant sur tout ou partie des ouvrages instrumentés. Ces campagnes se composent au minimum de la mesure de tous les instruments d'un ouvrage afin de confirmer l'évolution de l'ouvrage en matière de stabilité.

Dans un premier temps, les valeurs brutes des mesures sont introduites dans une base de données et sont comparées à des niveaux d'alertes préalablement définis. Ces niveaux correspondent à des seuils de déformation ou de déplacement



Fig. 7 : Tests de localisation : méthode potentiel d'armature et électrochimique
(Tous les documents illustrant cet article ont été fournis par les auteurs)



7

qui sont établis pour chaque type d'instrument et d'ouvrage. Une analyse informatisée des mesures de l'ensemble des instruments d'un ouvrage conduit à une synthèse quantitative pour l'ouvrage considéré. Dans un second temps, un ingénieur-géotechnicien effectue une analyse qualitative. Il cerne le type d'instabilité par l'examen des mesures de chaque instrument, puis il définit un degré de risque relatif à l'ensemble de l'ouvrage.

La synthèse de l'état de stabilité de l'ensemble des ouvrages est alors présentée sous forme d'un tableau synoptique et constitue ainsi un outil d'aide à la décision pour l'établissement de la planification des interventions sur les ouvrages.

Thierry Buchs, ing. civil EPF
Emmanuel Rigaud, ing. géotechnicien ISTG
BG Ingénieurs-conseils SA
Av. de Cour 61, CP 241, CH - 1001 Lausanne

Tests de méthodes non-destructives de localisation

À la suite des difficultés rencontrées lors des premiers travaux visant à retrouver les ouvrages existants, le Service des routes du canton de Vaud a jugé opportun de recenser et évaluer des méthodes non-destructives de localisation *in situ* pour l'investigation de certaines parties d'ouvrages ancrés (murs de soutènement et culées de pont). Les parties d'ouvrage à localiser sont principalement les éléments en béton (longrines, contreforts, pieux, etc.) derrière un parement et les ancrages (têtes en parement et torons depuis la verticale sur le talus amont). Ces parties d'ouvrages sont en effet souvent difficiles à localiser sur des ouvrages anciens dont l'accessibilité n'a pas été prévue en son temps. On est également intéressé par la présence d'eau derrière les murs.

Sur la base d'une première approche théorique, une série de méthodes non-destructives a été définie avec pour objectifs principaux, le taux de réussite et la possibilité d'utilisation extensive sur l'ensemble des tronçons autoroutiers suisses. Cette série a été divisée en trois phases de test, en fonction du rapport coût/avantage des méthodes retenues. La première phase a déjà été réalisée et concernait les méthodes suivantes :

- électricité dynamique ;
- potentiel d'armature et électrochimique (fig. 7) ;
- radiodétection et résistivité ;
- microgravimétrie ;
- électrique en résistivité (dans le terrain amont).

Le mur choisi pour les tests était de type mur de soutènement ancré sur contreforts avec bermes. Avant les tests, des travaux préparatoires pour assurer la sécurité des intervenants, le nettoyage du parement et la pose de repères

géométriques ont eu lieu. Les tests ont été ensuite exécutés sur une période d'un mois.

Afin de juger du niveau d'atteinte des objectifs définis, la présentation des résultats devait intégrer, pour chaque test, une information complète concernant les points suivants :

- description de la méthode incluant le principe physique, le type d'éléments pouvant être localisé et les appareils utilisés (type, dimensions, etc.) ;
- moyens à mettre en œuvre (accès et espace nécessaire, échafaudage, nacelle, autres besoins) et procédé de mesure (descriptif du déroulement des mesures) ;
- mesures à effectuer y compris leur durée et leur précision, le contrôle sur place (lecture directe ou indirecte) et les paramètres perturbants ;
- interprétation des résultats des mesures incluant le délai (disponibilité *in situ* ou après traitement au bureau), la forme, le niveau d'interprétation nécessaire et la sensibilité des résultats.

À la suite des tests, les intervenants ont ajouté une analyse critique du test réalisé incluant le degré de réussite obtenu, le potentiel technique d'utilisation, le potentiel d'amélioration de la méthode et ses limites d'utilisation (précisions, caractéristiques et environnement du mur).

Les conclusions de la première phase (tests les plus simples) montrent que les objectifs définis ne sont en général pas atteints. Aucune des méthodes testées n'a donné satisfaction, quand bien même une amélioration des deux méthodes « potentiel d'armature et électrochimique » et « microgravimétrie » a été proposée par leurs auteurs.