



Préavis complémentaire no 02/2017-2018 (au préavis no 08/2014-2015) – relatif à une demande de crédit complémentaire de CHF 288'200.-- pour les travaux de démolition et reconstruction du trottoir de la route de Baumaroche au Mt-Pèlerin (secteurs 1 et 2).

Au Conseil communal de Chardonne

Monsieur le Président, Mesdames, Messieurs,

CONSIDERATIONS ET DETERMINATION DE LA MUNICIPALITE

Dans le cadre des travaux d'assainissement de la route de Baumaroche, préavisés en mars 2015 (préavis 08/2014-2015), il était planifié d'importants travaux de maintenance sur les structures porteuses des trottoirs.

Suite à l'exécution de la première étape d'intervention (secteur 3), les essais de contrôle (essais d'arrachements à l'interface entre le mortier de ragréage et le support en béton conservé) ont donné des valeurs inférieures aux exigences usuelles. La Municipalité, représentée par le bureau MCR & Associés Sàrl, a immédiatement interrompu l'enchainement des phases d'interventions de manière à comprendre la situation et rechercher les causes de ces disfonctionnements.

Des investigations détaillées (voir rapport d'investigation annexé) ont révélé des problèmes de mise en œuvre du mortier de ragréage. De plus, la présence d'une réaction alcali granulat (RAG) dans l'ouvrage existant a été relevée. La démolition et la reconstruction de l'ouvrage dans les secteurs 1 et 2 (pas encore assainis) est donc nécessaire. L'ouvrage déjà réfectionné sur le secteur 3 pourrait être conservé.

En fonction des éléments avancés par le bureau d'ingénieurs et bien que la Municipalité n'ait pas en mains toutes les réponses nécessaires, il a été décidé en séance de Municipalité du 3 juillet 2017 :

- de demander un audit du problème à un bureau spécialisé, et
- de poursuivre, sans attendre, les travaux en relation avec le chantier de la Rte de Baumaroche et plus précisément de procéder aux travaux de démolition /reconstruction du trottoir sur les secteurs 1 et 2, pour ne pas prétériter la planification du chantier et augmenter encore le surcoût lié à l'allongement de la durée des travaux, ainsi que les désagréments vis-à-vis de la population.

Dès lors, compte tenu de la modification du projet et par conséquent du budget nécessaire à l'assainissement de cet ouvrage, la Municipalité a décidé de déposer un préavis complémentaire, en application de l'article 16 du Règlement sur la comptabilité des communes.

ANALYSE TECHNIQUE

Lors de la phase d'exécution des travaux de maintenance sur les structures en béton supportant les trottoirs, des anomalies structurelles ont été constatées.

A la suite d'essais successifs et d'analyses détaillées, il en ressort que les valeurs d'arrachements insuffisantes mesurées après l'application du mortier de ragréage sont la conséquence:

- D'un procédé de mise en œuvre inapproprié empêchant un compactage suffisant du mortier, partant que l'armature est dégagée;
- D'un développement d'une réaction alcali granulat dans la structure des bétons, affaiblissant entre autres la résistance à la traction de la structure, conséquence probable des mauvaises valeurs d'arrachement mesurées dans la matrice béton.

Cette situation complexe peut être tolérée sous certaines conditions. Celles-ci sont réunies au secteur 3. En effet, trois composantes sont nécessaires au développement de la RAG :

- Des granulats réactifs ;
- Une solution de pores alcaline;
- La présence importante d'eau.

La situation avant assainissement ne présentait pas d'étanchéité. La structure du trottoir était directement en contact avec l'eau de ruissellement, pour le surplus chargée en chlorure durant l'hiver.

Les travaux de maintenance, engagés sur le secteur 3, fournissent à cette structure atteinte une barrière à l'humidité qui empêchera le phénomène d'évoluer.

La situation d'incohérence à l'interface béton-mortier, rencontrée lors de la mise en œuvre, n'est pas la conséquence de la RAG, mais d'un mode de mise en œuvre, dans ce cas, inapproprié. Il est compensé par l'injection de résine fermant les vides présents à l'interface. Cette intervention a fait l'objet d'une prise en charge par l'entreprise. Elle est complétée par la mise en place d'une liaison mécanique améliorant la reprise de sollicitations statiques.

Finalement et au vu des efforts techniques qu'il a fallu déployer pour contrer les différents risques liés à cette pathologie, combinés à la situation initialement complexe, la démolition – reconstruction sur les secteurs restants (1 et 2) est la meilleure solution à mettre en œuvre

Le rapport d'investigation, joint au présent préavis, apporte toutes les explications techniques sur les problèmes très complexes rencontrés sur ce chantier.

SYNTHESE ET CONCLUSIONS DU BUREAU D'INGENIEURS

La proposition de reconstruire l'ouvrage renchérit les coûts, mais apporte des garanties supérieures en termes de durabilité. De plus, elle a le grand avantage de pouvoir s'intégrer, si les décisions sont rapides, dans la planification à court terme, sans prétérité les délais de fin de chantier, sous réserve de conditions météorologiques défavorables durant l'automne.

COÛT DES TRAVAUX

En effectuant la comparaison au budget préavisé uniquement sur les postes concernés par la modification de projet, il en ressort les considérations suivantes :

	Préavis 08/2014-2015	Projection		
	Montant HT	Montant HT		
Travaux préparatoires	CHF 150'000	CHF 138'600		
Maintenance des structures	CHF 185'000	CHF 68'000		
Pose des bordures	CHF 20'000	CHF 18'600		
Revêtement - Etanchéité	CHF 125'000	CHF 122'500		
Reconstitution de la tête de trottoir (secteur 3)*	*	CHF 55'000*		
Joints (secteurs 1 à 3)*		CHF 11'250*		
Total travaux de maintenance	CHF 480'000	CHF 413'950		
Secteur 3 - Régie pour report de travaux	-	CHF 10'000		
Secteur 3 - Injections de résine entre les deux	~	0**		
interfaces (pour mémoire : environ CHF 60'000)				
Secteur 3 - Goujons	3	CHF 12'000		
Secteur 3 - Essais supplémentaires	-	CHF 5'200		
Secteurs 1 et 2 – Echafaudages (complément et	-	CHF 30'000		
location supplémentaire)				
Secteurs 1 et 2 - Démolition du trottoir	ē	CHF 85'000		
Secteurs 1 et 2 - Reconstruction du trottoir	-	CHF 235'000		
Total travaux supplémentaires	0	CHF 377'200		
Total travaux trottoirs	CHF 480'000	CHF 791'150		
	SHIP 400 COO.	771100:		
Divers et imprévus	CHF 240'000**	CHF 173'750*		
Honoraires pour les travaux de maintenance (réalisation)	CHF 30'800	CHF 52'800		
	Lines (America)			
Total général HT	CHF 750'800	CHF 1'017'700		
TVA au taux de 8%, arrondi	CHF 60'200	CHF 81'500		
Total général TTC	CHF 811'000	CHF 1'099'200		

La différence projetée par rapport au préavis est donc de CHF 288'200.-.

Ce montant permettra d'assurer la réfection du trottoir dans les secteurs 1 et 2, selon les règles de l'art.

Nota bene :

- * Durant l'exécution des murs de soutènement, du remplacement des collecteurs et de l'assainissement des chaussées, nous n'avons dû faire face qu'à deux imprévus : la reconstitution de la tête de trottoir du secteur 3, trop endommagée et la création de joints.
- ** Travaux pris en charge par l'entreprise Biollay SA suite au problème avéré de mise en place (pour mémoire : environ CHF 60'000.-).

ESTIMATION DES CONSEQUENCES DU PROJET SUR LE BUDGET COMMUNAL ANNUEL :

En application de l'article 14 du Règlement cantonal sur la comptabilité des communes, il est précisé ce qui suit concernant les incidences du présent préavis sur le budget communal :

Années	2017	2018	2019	2020	2021 et ss
Charges d'intérêts (1%)	720	2'882	2'882	2'882	2'882
Amortissement (30 ans)	7.7	9'606	9'606	9'606	9'606

CONCLUSION

En conclusion, nous vous prions, Monsieur le Président, Mesdames et Messieurs les Conseillers, de bien vouloir prendre les décisions suivantes :

Le Conseil communal de Chardonne

- vu le préavis complémentaire no 02/2017-2018 du 24 juillet 2017 (au préavis no 08/2014-2015), relatif à une demande de crédit complémentaire de CHF 288'200.- pour les travaux de démolition et reconstruction du trottoir de la route de Baumaroche au Mt-Pèlerin (secteurs 1 et 2).
- ouï le rapport de la commission ad hoc chargée de rapporter sur cet objet porté à l'ordre du jour,
- oui le rapport de la commission des finances,

décide

- 1. d'autoriser la Municipalité à poursuivre les travaux de démolition et reconstruction du trottoir de la route de Baumaroche, (secteurs 1 et 2);
- 2. de lui accorder à cet effet un crédit complémentaire de CHF 288'200.-;

- 3. d'amortir cette dépense sur trente ans, sauf mieux;
- d'autoriser la Municipalité à emprunter, auprès d'un établissement bancaire ou de financement, jusqu'à un montant maximum de CHF 288'200.- aux meilleures conditions, dans le cadre du plafond d'endettement déterminé en début de législature 2016-2021, conformément à l'article 143 de la loi sur les communes ;
- 5. d'autoriser d'ores et déjà la Municipalité à résister à toutes prétentions excessives et à plaider devant toutes instances au cas où la commune serait actionnée par suite de l'adoption de ce projet.

Au nom de la Municipalité

Le syndic

f. Neyroud

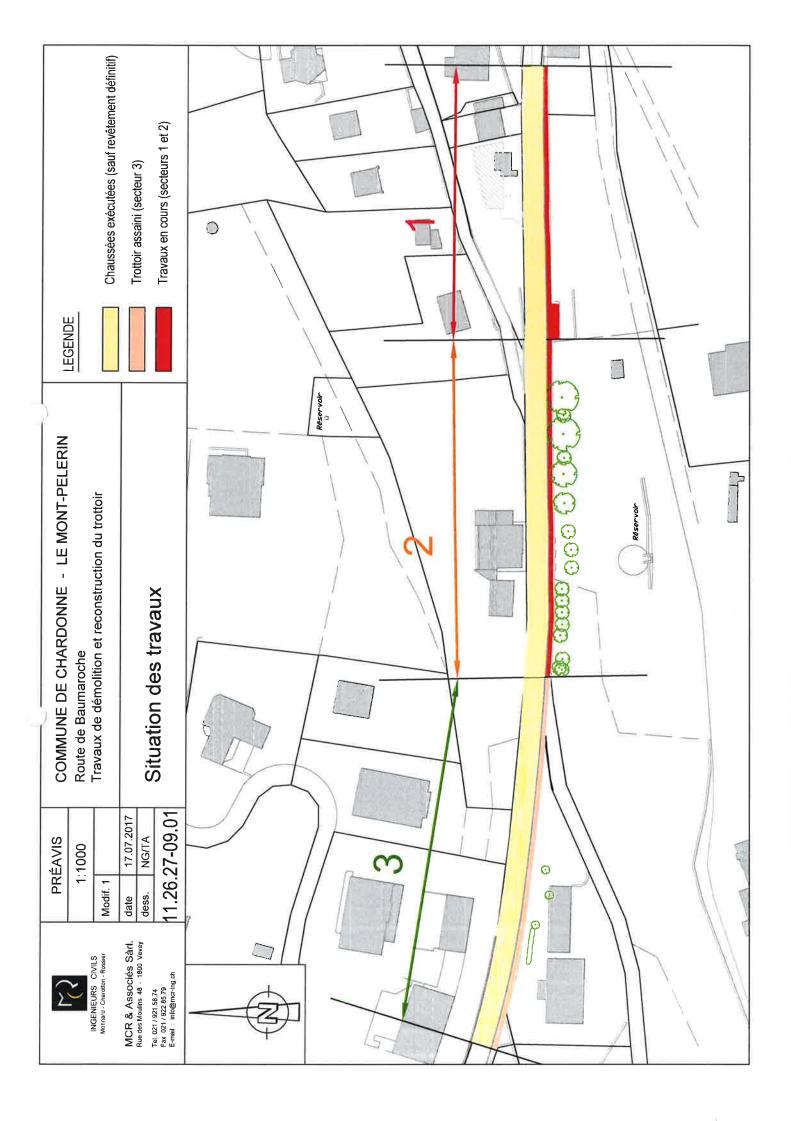
M. Pethoud

Le se

Annexes:

- Plan de situation et coupe-type
- Rapport d'investigation du 10 juillet 2017 MCR & Associés avec informations sur la RAG (réaction alcali-granulat)

<u>Délégué de la Municipalité</u> : M. Laurent Cossy, municipal





Monnard - Charotton - Rossier

MCR & Associés Sàrl. Rue des Moulins 48 - 1800 Vevey

Tel, 021 / 921,58,74 Fax 021 / 922,85,79 E-mail : info@mcr-ing.ch

PRÉAVIS

Sans áchalla

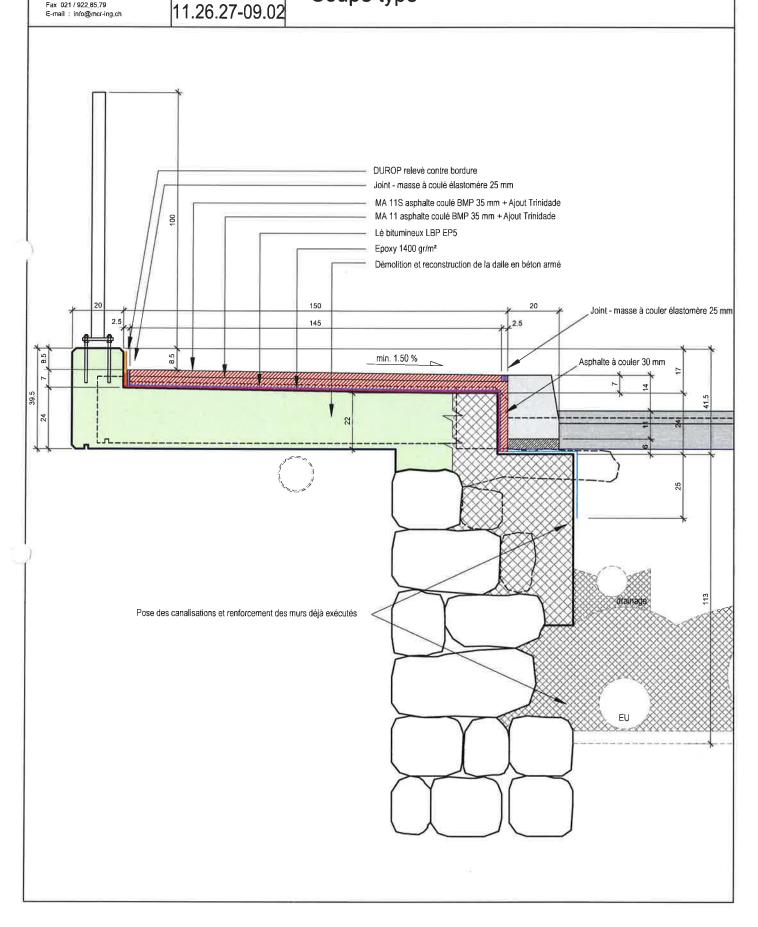
Sans ecnelle			
Modif. 1			
date	17.07.2017		
dess.	NG/JR		

COMMUNE DE CHARDONNE - LE MONT-PELERIN

Route de Baumaroche

Travaux de démolition et reconstruction du trottoir

Coupe type





COMMUNE DE CHARDONNE ROUTE DE BAUMAROCHE

TROTTOIRS EN ENCORBELLEMENT

RAPPORT D'INVESTIGATION



1. INTRODUCTION

Dans le cadre des travaux d'assainissement de la route de Baumaroche, préavisés en mars 2015, il était planifié d'importants travaux de maintenance sur les structures porteuses des trottoirs.

Suite à l'exécution de la première étape d'intervention (secteur 3), les essais de contrôle (essais d'arrachements à l'interface entre le mortier de ragréage et le support en béton conservé) ont donné des valeurs inférieures aux exigences usuelles. La direction des travaux, représentée par le bureau MCR & Associés, a immédiatement interrompu l'enchainement des phases d'intervention de manière à comprendre la situation et rechercher les causes de ces disfonctionnements.

Ce rapport récapitule les différentes interventions et informe des décisions prises en relation à cette non-conformité ainsi que les mesures mises en œuvre pour y remédier. Dans un souci de transparence, il indique également les décisions prises par la direction des travaux en collaboration avec les différents intervenants (paragraphes en « bleu »), au fur et à mesure de l'avancement des investigations et dans l'ordre chronologique du déroulement du chantier et des évènements.

2. PHASAGE ET DÉCISIONS PRISES LORS DES TRAVAUX DE MAINTENANCE DE LA STRUCTURE PORTEUSE DES TROTTOIRS

2.1 Phase de projet et préparation à la réalisation

Des essais sur béton permettant de déterminer la présence de chlorures et des taux de pénétration, la résistance moyenne à la compression ainsi qu'une analyse microscopique ont été réalisés par le laboratoire LCBE au mois de mars 2014. Dix prélèvements, situés au droit des secteurs 1, 2 et 3, ont été analysés. La présence de chlorures à été mesurée sur une profondeur de 0 à 45 mm. Les taux relevés sont de l'ordre de 1.0 % entre 0 et 15 mm de profondeur, d'environ 0.9 % entre 15 et 30 mm et d'environ 0.6 % entre 30 et 45 mm. La masse volumique moyenne du béton est de 2'435 kg/m3. Les conclusions du laboratoire sont les suivantes :

- 1) Dans plus de la moitié des zones analysées, le béton est dégradé en surface sur une épaisseur moyenne évaluée à 30 mm.
- 2) Le taux et la profondeur des chlorures présentent un risque pour une grande partie des armatures, voire une corrosion avérée pour certaines zones.
- Les résistances à la compression, varient de 25 à 57 Nmm-² (moyenne arithmétique sur 5 échantillons 39 Nmm-²)
- 4) Le béton peut être qualifié de mauvais en surface à suffisant dans l'épaisseur.

Analyse de la situation entre le laboratoire LCBE et MCR & Associés :

- 1) Au vu des résultats discutés avec le laboratoire d'essai, il est possible d'envisager une conservation de la structure en place et son assainissement. Par prudence, il est projeté de purger jusqu'à 60 mm de béton afin de limiter la présence des chlorures dans les zones armées situées entre 10 et 70 mm de la surface. La densité moyenne est cohérente. Les résistances à la compression sont satisfaisantes. L'analyse microscopique relève des fissures de gel en surface.
- 2) A ce stade, une approche technique et financière de variantes qui consistent à maintenir ou à démolir et reconstruire la structure existante des trottoirs est analysée et comparée. Les difficultés liées à la démolition-reconstruction ainsi que la différence de coût sont favorables à la variante de maintien des structures par purge des bétons dégradés (40 à 60 mm) et reprofilage de l'épaisseur avec renforcement statique si pécessaire.

Une planification des contrôles lors des travaux est arrêtée afin de permettre la vérification du processus de réparation et l'assurance du bon fonctionnement de l'ensemble.

Le retard du chantier, suite à une opposition dans le cadre de la procédure d'enquête, incite la direction des travaux à organiser une deuxième série d'essais avant réalisation, durant le mois de juin 2016. La profondeur des teneurs en chlorures mesurée dans la matrice béton va de 30 mm à 90 mm. Les zones de prélèvement sont définies au droit de parties d'ouvrages où la couverture d'enrobé bitumineux est très dégradée voire inexistante. Il est, en effet, choisi des emplacements peu favorables afin de mesurer les taux de pénétration potentiellement les plus importants de manière à finaliser l'évaluation de l'épaisseur moyenne à purger.

Analyse de la situation entre le laboratoire LCBE et la direction des travaux :

- 1) La profondeur d'hydro-démolition initialement prévue en soumission de 40 à 60 mm, basée sur la première série d'essais réalisés en 2014 est augmentée à 70 mm au vu des résultats obtenus lors de la deuxième campagne d'essais.
- 2) Afin de conforter l'approche technique et financière effectuée par la direction des travaux en 2014-2015, il est demandé à l'entreprise adjudicataire des travaux de génie civil est béton armé de présenter une offre de démolition-reconstruction afin de vérifier la pertinence financière de notre approche lors du projet.
- 3) L'analyse financière de l'offre produite par l'entreprise Gasser Construction SA confirme la différence importante de coût qu'induirait la démolition-reconstruction de l'encorbellement.
- 4) Au vu des considérations techniques et financières, la variante de maintenance d'ouvrage, telle que planifiée, est confirmée et l'entreprise Biollay Travaux spéciaux, adjudicataire, prévoit d'adapter l'épaisseur moyenne de purge et préconise l'utilisation de mortiers fluides pour assurer le bon remplissage. Ceci sera contrôlé et confirmé lors des premières mises en œuvre en fonction des observations et résultats obtenus.

2.2 <u>Phases de réalisation</u>

La première étape nécessaire à la maintenance de la structure des trottoirs est planifiée dès novembre 2016 par des travaux préparatoires consistant à mettre en place un échafaudage servant de protection et délestage du trafic piétonnier, du dégrappage de la couche d'enrobé (env. 30 à 40 mm) présente sur la structure en béton et de la confortation du soutènement situé sous la structure en encorbellement, servant de retenue à la fondation routière et d'une manière générale aux remblais. De plus, ce parement principalement enterré, influence favorablement le système statique du trottoir en fournissant, par sa position, un appui longitudinal inexistant auparavant. Les excavations nécessaires à ces travaux serviront également à la mise en œuvre du réseau de canalisations EU et EC et dans une moindre mesure aux services industriels également présents sur l'ensemble du tracé.





Les travaux de maintenance à proprement parlé débutent mi-février 2017 par le sciage de la tête de l'encorbellement suivi de la purge et du dégagement des armatures de la tête de dalle par hydro-démolition (jets à haute pression 2000-2400 bars), travaux effectués par l'entreprise Hubert Etter SA, sous-traitant de l'entreprise Biollay travaux spéciaux SA. La profondeur de purge s'avère très variable selon les zones. L'épaisseur de béton dégradé varie entre 50 et 90 mm. Quelques zones ponctuelles présentent des purges supérieures allant jusqu'à 130 mm. La nappe d'armature supérieure a été mise à nu sur environ 20 à 30 mm. Les armatures de traction en nappe supérieure, de diamètre 14 à 16 mm sur appuis sont ancrées sur la nappe inférieure. La situation est conforme aux prévisions de 2016. Des recharges en plusieurs mains seront à prévoir au droit des zones de purges importantes. Des essais d'arrachements sont programmés pour le 24 février 2017 sur le support hydro-démoli.





Essais d'arrachement du support « béton existant » après hydro-démolition : trois essais de neufs carottes ont été réalisés par le laboratoire LCBE en date du 24 février 2017. Les valeurs obtenues sont conformes aux valeurs usuelles, soit des valeurs moyennes de 1.50 N/mm², 1.30 N/mm² et 1.90 N/mm². Après contrôle, il est toutefois demandé de vérifier les bétons au droit de la zone où l'essai est le moins bon et de purger si nécessaire. La vérification par piquage mécanique ponctuelle démontre qu'il n'y a pas de zone de décollement. Les résultats des essais d'arrachement sont validés et l'application du mortier de ragréage prêt à l'emploi de type Nanocrete R4 peut être effectué.

Pour mémoire, La méthodologie utilisée par le laboratoire d'essai pour mesurer la valeur d'arrachement est la suivante :

- 1) Prélèvement par carottage sur site ; cylindre de 50 mm de diamètre.
- 2) Coffrage et coulage d'une résine en surface pour la fixation d'une pastille d'arrachement; opération effectuée en laboratoire.
- 3) Test à l'arrachement ; opération effectuée en laboratoire.

Coffrage, ferraillage et bétonnage d'un nouveau sommier de bord: Liaison entre l'encorbellement existant et le sommier de bord réalisé par la mise en place de barres d'armatures liées au ferraillage existant (armature supérieure de l'encorbellement mise à nu) et par des barres ancrées avec scellement chimique. Travaux effectués par l'entreprise Gasser Construction SA de fin février à début mars 2017.





Nettoyage au jet à haute pression de la surface hydro-démolie par l'entreprise Biollay; travail effectué pour éliminer les résidus déposés, soit feuilles, déchets de bois générés par le coffrage du sommier. Le nettoyage a été réalisé mi-mars 2017, soit environ cinq semaines après l'hydro-démolition.





Traitement des fers d'armature avec PCI Nanocret AP, protection contre la corrosion appliquée par l'entreprise Biollay Travaux spéciaux SA à mi-mars 2017.



Fourniture et mise en place du mortier de ragréage ; PCI Nanocret R4 le 21,22 et 23 mars 2017, procédure d'application :

- 1) Coffrage vertical de la face intérieure de l'encorbellement et mise en œuvre d'un mortier fluide (PCI Nanocret R4 Fluide), reconstitution de la tranche verticale pour créer une surface plane permettant la pose de l'étanchéité.
- 2) Traçage et mise en place de témoins pour définir les hauteurs de ragréage et permettre de garantir un enrobage suffisant des armatures. Les témoins permettent également de garantir les pentes pour l'écoulement des eaux de surface.
- 3) Application du mortier de ragréage Nanocret R4, malaxage horizontal, transport à la brouette et réglage à la règle.
- 4) Marquage à la truelle de joint sur une profondeur de quelques millimètres pour éviter des fissures de retrait en surface.
- 5) Informations météo: station Vevey
 - Le mardi 21 mars 2017 : température min.7° max. 14°
 Le mercredi 22 mars 2017 : température min.6° max. 11°
 Le jeudi 23 mars 2017 : température min.4° max. 16°
 Le vendredi 24 mars 2017 : température min.8° max. 13°





Essais d'arrachement à l'interface du béton existant et du mortier de ragréage :

Trois essais de neufs carottes ont été réalisés par le laboratoire LCBE en date du 3 avril 2017. Les valeurs de résistance obtenues sont faibles. Un premier essai de trois carottes forées à l'eau est effectué dans la partie amont du secteur 3. La valeur moyenne est de 0.10 N/mm² (les zones de rupture sont environ 50 % dans le béton et 50 % à l'interface). De plus, des vides sont observés à l'interface mortier - béton. Dans la partie médiane du secteur 3, la valeur d'arrachement moyenne est de 0.50 N/mm² (la zone de rupture se situe environ 25 % dans le béton et 75 % à l'interface béton-mortier). L'essai à l'aval du secteur 3 donne une valeur moyenne de 0.10 N/mm² (les zones de rupture se situent environ 55 % dans le béton et 45 % à l'interface béton-mortier). Une séance d'urgence est organisée le 4 avril 2017, sur site, en présence de l'entreprise Biollay, du laboratoire LCBE, du fournisseur du mortier (PCI-BASF) et de la direction des travaux. Il en ressort les points suivants:

- 1) Les valeurs diamétralement opposées entre les essais d'arrachement sur support purgé et ceux effectués après application du mortier, en particulier les résultats présentant des ruptures faible dans le béton de masse, ne sont pas cohérentes et doivent être expliquées.
- 2) La présence de vide présuppose que la méthode d'application n'est pas appropriée.
- 3) La réparation étant structurelle, il est impératif que la liaison béton-mortier soit monolithique afin d'assurer la reprise des efforts rasants.
- 4) Une réflexion minutieuse sur l'ensemble de la procédure doit être portée afin de déterminer les causes de cette mauvaise adhérence.

Analyse de la situation par la direction des travaux :

- 5) La nappe d'armature supérieure est entièrement enrobée dans le mortier de ragréage. De plus, les barres supérieures sur appuis sont ancrées sur la nappe inférieure. Le fait que l'armature supérieure soit prise dans le mortier de ragréage va favoriser l'ancrage de celui-ci.
- 6) Le système statique généré par les nouveaux appuis, sommier de bord et l'appui linéaire sous la future bordure limite fortement les sollicitations induites (flexion et tranchant). De ce fait, les efforts rasants à l'interface béton-mortier sont limités.
- 7) L'épaisseur de mortier rapportée sur le béton existant, environ 70 à 90 mm, crée une masse suffisante pour empêcher son soulèvement.
- 8) Les aspérités irrégulières et grossières faisant suite à l'hydro-démolition diminuent le risque de reptation entre matériaux.
- 9) De nouveaux essais doivent être effectués afin de confirmer ou infirmer les valeurs obtenues.
- 10) A ce stade, il semble que les causes sont à chercher dans le principe de mise en œuvre.

Essais d'arrachement supplémentaires à l'interface du béton existant et du mortier de ragréage; le 5 avril 2017, le laboratoire LCBE réalise deux essais supplémentaires, soit six carottages forées à l'eau sur la zone amont présentant des vides. Les résultats démontrent que sur environ une dizaine de mètres à l'amont du secteur 3, la mise en œuvre du mortier n'a pas été correctement appliquée, il en résulte des vides. Il est décidé sur proposition de l'entreprise Biollay SA, d'injecter une résine Sikadur-52 afin d'obtenir une liaison à haute résistance mécanique et d'obstruer les interstices à l'interface du mortier-béton.



Injections d'une résine Sikadur-52; par l'entreprise Biollay travaux spéciaux SA en date du 6 avril 2017. L'entreprise de travaux spéciaux procède à une septantaine d'injection par pipette. La consommation totale de résine Sikadur-52 est d'environ 19 litres. En rapportant la consommation injectée au mètre carré de surface traitée, cela représente une épaisseur d'environ 1.0 mm (0.019 m3 - vol. pipettes = 0.018 m3; 0.018 /(10.0 x 1.50) = 0.0012 m = 1.20 mm).

Analyse de la situation par la direction des travaux et les différents intervenants :

- 1) Les vides sur cette partie sont avérés. Un contrôle de la liaison mortier béton sera effectué et les valeurs d'arrachement seront vérifiées.
- 2) Le principe de mise en œuvre du mortier de ragréage pour les secteurs à venir doit être reconsidéré. Un essai par projection par voie humide jusqu'au niveau des armatures supérieures, puis un deuxième passage frais sur frais à la truelle est proposé de manière à créer les pentes nécessaires. La mise en place du mortier par projection améliorera le compactage et favorisera l'adhérence du mortier au support béton.
- 3) Un échantillon de 1.0 m x 1.0 m en condition réelle sera effectué sur les secteurs 1 et 2, afin de valider le procédé de mise en œuvre.
- 4) Dans l'immédiat, et dans l'attente d'autres résultats, les travaux préparatoires d'étanchéité sur support peuvent être engagés.

L'entreprise Aeschlimann AG débute les travaux préparatoires d'étanchéité par le grenaillage du support et la préparation de la tranche verticale séparant l'encorbellement de la chaussée. Les travaux débutent le lundi 10 avril 2017.

En parallèle, des essais d'arrachement supplémentaires lors du contrôle de la rugosité et de l'humidité du support sont réalisés. Le laboratoire LCBE effectue cette intervention sur la partie aval de l'encorbellement le lundi 10 avril 2017. Les résultats obtenus sont très mauvais. Les valeurs d'arrachement sont environ de 0.05 à 0.3 N/mm-² à l'interface mortier - béton. L'opérateur observe également des venues d'eau provenant des carottages à l'interstice béton - mortier. L'écoulement même faible d'eau entre le mortier et le béton confirme qu'il y a effectivement un vide à l'interface dans la partie aval du secteur 3. De plus, un essai d'arrachement sur mortier (trois carottes, profondeur d'environ 50 mm) donne des valeurs de 0.9 à 1.15 Nmm-². La zone de rupture se trouve à environ 2 mm de la surface. Ces résultats moyens dans un mortier de ce type pourraient s'expliquer par la finition talochée en surface, affaiblissant quelque peu la peau par appel d'eau en surface. Enfin, les résultats d'essais de rugosité et d'humidité dans le mortier sont conformes aux valeurs admissibles.



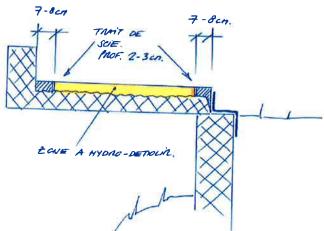
Analyse de la situation par la direction des travaux :

- 1) Une séance d'urgence est à nouveau organisée par la direction des travaux le mardi 11 avril 2017.
- 2) La direction des travaux demandent au laboratoire LCBE de contrôler la masse volumique et la résistance à la compression des mortiers mis en œuvre, sur la base des carottes prélevées en date du 10 avril 2017.

Des essais de masse volumique et de compression_sont réalisés par le laboratoire LCBE le 11 avril 2017, les résultats sont conformes aux données transmises par le fournisseur, soit une masse volumique d'environ 2085 kg/m3 et une résistance à la compression d'environ 40 Nmm-².

Analyse de la situation par la direction des travaux :

- 1) La qualité du mortier ne peut être mise en cause.
- 2) Au vu de la situation et des difficultés présentes, Il est proposé d'hydro-démolir le mortier de ragréage sur les premiers 15 mètres depuis l'amont, là où la situation semble la plus compromise. Les parties latérales du mortier de ragréage (environ 7 à 8 cm) seront conservées si elles ne sont pas endommagées ou fissurées lors de l'hydro-démolition. Pour délimiter la zone d'hydro-démolition, les parties latérales seront désolidarisées par un trait de scie sur une profondeur d'environ 2 à 3 cm (voir schéma ci-dessous).



- 3) Une fois les travaux d'hydro-démolition achevés, des essais seront effectués par un autre laboratoire de façon à contrôler à nouveau les valeurs d'arrachement sur la matrice béton.
- 4) Si les résultats d'arrachement sont conformes, une planche d'essai sera effectuée par projection du mortier sur une longueur de 5.00 m.
- 5) Méthodologie de mise en œuvre du mortier de ragréage par projection :
 - Préparation du support hydro-démoli, soit humidification (humide mat).
 - Premier passage par projection du Nanocret R4 avec un dosage plus fluide. Le fournisseur transmettra les informations nécessaires à l'entreprise Biollay (quantité, dosage, etc.).
- 6) Un deuxième passage avec une consistance plus plastique (dosage selon fournisseur) sera mis en œuvre directement après le premier passage, soit juste avant la prise du premier. Le fournisseur transmettra les informations nécessaires à l'entreprise Biollay dans les plus brefs délais. Des essais d'arrachement à l'interface béton-mortier seront effectués sept jours après la projection.
- 7) Si les résultats d'arrachement de l'interface mortier-béton sont conformes, l'hydrodémolition suivra sur le reste de l'encorbellement (env. 75.0 m) selon la même procédure que décrite précédemment.
- 8) Proposition d'intervention sur les secteurs à venir (1 et 2);
 - Sciage de la bordure existante par l'entreprise Gasser Construction SA.
 - Hydro-démolition sur 20 cm depuis l'extérieur de l'encorbellement par jet haute pression, à définir avec l'entreprise Hubert Etter et Fils SA, sous-traitant de l'entreprise Biollay Travaux Spéciaux SA.
 - Bétonnage du sommier de bord par l'entreprise Gasser Construction SA.
 - Hydro-démolition du reste de l'extrados de l'encorbellement par l'entreprise Hubert Etter et Fils SA, sous-traitant de l'entreprise Biollay Travaux Spéciaux SA.
 - Reprofilage par projection du Nanocret R4 par l'entreprise Biollay Travaux Spéciaux SA jusqu'aux armatures + application frais sur frais à la truelle pour façonner les <u>pentes</u>.

Une séance de travail est organisée le 12 avril 2017 afin de confirmer cette procédure. Lors de la mise au point des interventions et en particulier de l'hydro-démolition du mortier de ragréage en place (Nanocrete R4), les contraintes élevées de compression mesurées sur les échantillons impliquent l'utilisation d'une machine plus puissante. Le risque d'endommagement des structures existantes s'avère être important. En conséquence, cette procédure ne peut être envisagée et le principe doit être abandonné.

Analyse de la situation par la direction des travaux :

- 1) Vu les résultats obtenus en procédant par injection de résine, Il est possible de contrôler la partie centrale du secteur 3, de manière à vérifier si l'on peut effectivement fermer les vides et obtenir suffisamment d'adhérence entre les interfaces pour répondre aux considérations statiques. Une centaine d'injecteurs sont donc posés sur une surface d'environ 1.50 x 1.50 m. Les injections sont effectuées par l'entreprise Biollay Travaux spéciaux SA le 13 avril 2017.
- 2) Environ 11 litres de résine sont injectés, une bonne partie a ressurgi au travers du bord de dalle, dans les autres injecteurs en place et dans les trous des carottes d'essai laissées ouvertes.





Des essais d'arrachement au droit de la zone injectée sont effectués par le laboratoire TFB en date du 24 avril 2017. Les valeurs obtenues sont de 1.60 Nmm-2 à 1.80 Nmm-2 et peuvent être qualifiées de bon. Les essais de contrôle dans la zone non injectée sont confirmés mauvais et correspondent aux valeurs mesurées par le laboratoire LCBE du 10 avril 2017 (essais 3.1).



Analyse de la situation par la direction des travaux :

- 1) Au vu des résultats positifs à l'arrachement dans les zones injectées, la direction des travaux propose d'appliquer ce procédé à l'ensemble du secteur 3. La résine permettrait de combler les éventuels vides ou interstices laissés entre le béton et le mortier de ragréage. Le module de flexion de la résine étant de 1'800 N/mm², soit plus de dix fois plus faible que le module de flexion du béton et du mortier, il est proposé de prévoir l'utilisation de connecteurs HILTI dans les zones de fortes sollicitations de manière à s'assurer de la reprise des efforts rasants. Une analyse du nombre potentiellement nécessaire est effectuée en collaboration avec le fournisseur Hilti.
- 2) Si les valeurs d'essai d'arrachement à l'interface béton mortier sont confirmés et que le module résine ne s'avère pas déterminant, il pourrait être envisagé de ne pas connecter. On contrôlera donc le remplissage et la traction à l'interface par étape et sur l'ensemble du secteur 3.
- 3) Les coûts supplémentaires induits par ces travaux sont discutés. Comme il n'est pas possible d'en connaître encore la portée, ils seront estimés au fur et à mesure de l'avancement et des décisions qui peuvent encore évoluer. Toutefois, l'entreprise Biollay Travaux spéciaux SA est consciente qu'elle devra supporter les coûts liés à cette mauvaise adhérence béton mortier.

Injections par l'entreprise Biollay Travaux spéciaux SA en date du 25 avril 2017: L'entreprise de travaux spéciaux procède aux percements et à la mise en place d'injecteurs depuis l'amont de l'encorbellement selon le même maillage qu'utilisé sur la zone d'essai du 13 avril. L'entreprise utilise une résine d'injection encore moins visqueuse (StoJet IHS). Les injections sont effectuées durant le mois de mai 2017 sur l'entier de l'encorbellement du secteur 3. Les températures sont favorables, elles varient de 12°C à 18°C durant la première moitié du mois et augmentent progressivement dans la seconde moitié du mois pour atteindre des valeurs de 20°C à 25°C. Les injections sont réalisées en alternance, soit un trou sur deux, afin de permettre à la résine de ressortir à refus. Une fois les injecteurs retirés les trous sont repercés et scellés au mortier PCI Nanocret R4. Les dernières injections ont lieu le lundi 22 mai 2017.





Campagnes d'essais d'arrachement réalisées par le laboratoire TFB: soit le 10 mai 2017 sur la première partie à l'amont (côté Mt-Pèlerin), les valeurs d'arrachement obtenues sont supérieures aux valeurs effectuées avant les injections mais elles restent faibles à moyennes (0.60; 0.70; 0.30; 1.00 Nmm-2). La deuxième campagne d'essais est réalisée sur la partie centrale de l'encorbellement le 16 mai 2017, les valeurs d'arrachement sont de 0.30; 0.30; 0.70 Nmm-2. La troisième série d'essais d'arrachement du 23 mai 2017 dans la partie avale (côté Chardonne) donne des valeurs d'arrachement de 0.2; 1.1; 0.2 Nmm-2.

D'autre part, en examinant les carottes d'essai, on constate que les pans de rupture ne sont pas constants. De plus, on remarque toujours que sur une partie des échantillons, la rupture s'inscrit dans le béton (environ 30 %) et pour le reste des carottes le pan de rupture se situent à l'interface du béton – mortier (environ 70 %).

Analyse de la situation par la direction des travaux :

- 1) Les résultats des essais d'arrachement après injection démontrent que la résine a obstrué l'interstice entre le béton et le mortier. Les résistances à l'arrachement sont légèrement supérieures mais restent en dessous de 1.00 Nmm-2. De plus, elles sont différentes de ce que nous pouvions espérer suite à l'essai concluant du 24 avril. Des valeurs supérieures sont constatées dans les carottes où la concentration de résine est la plus élevée à l'interface béton mortier. Au vu des informations obtenues par les essais du laboratoire TFB, il est décidé de maintenir la mise en place des goujons connecteurs dans les zones principalement sollicitées à l'effort tranchant. Une vingtaine de connecteurs Hilti HCC 12 seront donc répartis de part et d'autre de chaque appui généré par les meneaux existants.
- 2) Lors de l'observation des carottes d'essai, certaines présentent des pans de rupture dans la matrice du béton existant. Cette information couplée à cette rupture systématique, même partielle, dans la matrice béton, incite à poursuivre les investigations. D'entente avec le laboratoire TFB, il est décidé de réaliser un essai RAG (réaction alcali granulat).





Mise en place des goujons connecteurs par l'entreprise Biollay Travaux spéciaux SA durant la semaine du 22 mai 2017, percement initial avec une mèche de 40 mm sur 30 mm de profondeur et percement de diamètre 16 mm sur une profondeur d'environ 145 mm pour la mise en place des connecteurs Hilti HCC – 12, puis scellement avec la résine Hilti HIT-HY 500. Environ 400 goujons sont posés sur le secteur 3, les connecteurs sont répartis selon un schéma de pose prédéfini et conformément aux hypothèses suivantes :

- Il est admis que la majorité des efforts de bords induits par le retrait du béton (situation ou les connecteurs sont posés avant le sur-béton) se sont déjà produits. L'utilisation d'un mortier à retrait compensé et renforcé de fibre favorise le retrait au jeune âge.
- Le sommier de bord réalisé sur place est lié au béton par des scellements chimiques (fers d'armature) et par la pose de barres d'acier fixées directement dans le mortier de ragréage. De ce fait, la connexion entre le béton et le mortier se fait par le sommier de bord

- Les nouveaux appuis générés par le blocage en béton côté route et le sommier de bord côté lac améliorent le système statique de l'encorbellement qui fonctionnait initialement comme une poutre continue sur appuis transversaux (meneaux). Les sollicitations, induites par les charges permanentes et utiles, ont fortement été réduites dans la nouvelle configuration.
- Une partie des efforts verticaux (traction) peuvent ainsi être absorbés par la résine qui améliore l'adhérence du mortier au béton.





Ponçage de l'extrados_de l'encorbellement à la meule à disque pour éliminer l'excédent de résine (injection à refus) et le surplus de mortier d'obstruction des trous laissés par les injecteurs. Le travail est exécuté par l'entreprise Biollay Travaux spéciaux SA entre le 29 mai et le 31 mai 2017, de manière à rendre le support prêt à satisfaire aux exigences de pose des étanchéités.

En date du 6 juin 2017, il est confirmé la présence de RAG dans les bétons existants. L'essai ne permet pas de caractériser l'état de dégradation.

Analyse de la situation par la direction des travaux :

- 1) La présence de ce phénomène a une incidence sur la résistance à la traction du béton. Dès lors, il expliquerait les résistances médiocres à l'arrachement, en particulier dans la matrice béton.
- 2) Cette situation remet en question la décision de maintenir les structures en place et de les assainir.
- 3) La réaction alcali agrégat est un processus lent de dégradation des bétons qui nécessite entre autre un apport d'eau dans la masse. Si cet apport est freiné, le phénomène n'est plus activé et sa propagation limitée voire stoppée.
- 4) Des essais permettant de caractériser l'état de dégradation des bétons sur secteurs 1 et 2, permettraient de se déterminer sur l'opportunité de poursuivre ou non le principe de réfection projeté et d'effectuer une pesée d'intérêt.

Au vu des considérations ci-dessus, une offre pour Diagnostic RAG des bétons existants sur secteurs 1 et 2 restant à traiter (soit environ 2/3) est demandée au laboratoire d'essai TFB en date du 6 juin 2017.

En ce qui concerne le secteur 3, le mortier de ragréage de type Nanocrete R4 ne permet pas le développement de la RAG. En effet, de par sa composition, l'eau ne peut que difficilement pénétrer sa masse et ses composants ne sont pas réactifs. Enfin, l'étanchéité apposée sur le nouveau support protège la structure de l'eau chargée en chlorure et de l'humidité en général. Par conséquent, les travaux projetés et réalisés sur secteur 3 ne permettent pas d'éliminer la présence du phénomène dans la structure du béton conservé, mais empêcheront son développement.

Une offre de Fr 17'715 pour cinq essais détaillés sur secteurs 1 et 2 est transmise à la direction des travaux en date du 9 juin 2017.

En parallèle, la variante démolition reconstruction étudiée en 2013-2014 est réactivée. La configuration de chantier étant différente, elle doit être revisitée.

Analyse de la situation par la direction des travaux :

Compte tenu du montant de l'offre permettant les essais, des délais impartis pour obtenir les résultats, du risque potentiellement important de quand même devoir démolir suite aux résultats, de l'impact financier et décisionnel inhérent à une modification de projet sur la planification ainsi que de la situation d'avancement du chantier, il est décidé, en date du 15 juin 2017, de proposer au Maître d'ouvrage une modification de projet et d'envisager une démolition reconstruction de la dalle supportant le trottoir dans les secteurs 1 et 2.

Cette proposition renchérit les coûts mais apporte des garanties supérieures en terme de durabilité. De plus, elle a le grand avantage de pouvoir s'intégrer, si les décisions sont rapides, dans la planification à court terme, sans prétérité les délais de fin de chantier, sous réserve de conditions météorologique défavorables durant l'automne.

2.3 Considérations financières

En effectuant la comparaison au budget préavisé uniquement sur les postes concernés par la modification de projet, il en ressort les considérations suivantes :

 Démolition secteurs 1 et 2 ; offre Gasser juin 2017 Reconstruction secteurs 1 et 2 ; offre Gasser juillet 2017 		Fr. Fr.	85'000 235'000
- Travaux structurels sur secteur 3 ; métrés Biollay juillet 2017	HT	Fr.	68'000
- Goujons de liaison sur secteur 3 ; métrés Biollay juillet 2017	HT	Fr.	12'000
Total	HT	Fr.	400'000
A déduire : Travaux de maintenance ; offre Biollay 2015	HT -	- <u>Fr</u>	185'000
Total des coûts induits par la modification de projet	HT	Fr.	215'000

Les adaptations qu'il a fallu opérer sur chantier pour permettre l'avancement d'autres travaux, en particulier le maintien des échafaudages, induit des coûts qu'il s'agit de comptabiliser:

-	Echafaudage: Location supplémentaire et matériel complémentaire	HT :	Fr.	30'000
-	Essais complémentaires non planifiés ; état au 26.06.2017	HT	Fr.	5'200
-	Régie pour travaux de dégagement ; métrés Gasser	HT	Fr.	10'000
To	rtal	HT	Fr.	45'200
Bil	an global : état au 26.06.2017	HT	Fr.	260'200

Le tableau « situation financière comparative » au 26.06.2017, en annexe, renseigne sur le détail des coûts.

3. SYNTHÈSE ET CONCLUSIONS PROVISOIRES

Lors de la phase d'exécution des travaux de maintenance sur les structures en béton supportant les trottoirs, des anomalies structurelles ont été constatées.

A la suite d'essais successifs et d'analyse détaillées, il en ressort que les valeurs d'arrachements insuffisantes mesurées après l'application du mortier de ragréage sont la conséquence :

- D'un procédé de mise en œuvre inapproprié empêchant un comptage suffisant du mortier, partant que l'armature est dégagée.
- Du développement d'une réaction alcali granulat dans la structure des bétons, affaiblissant entre autre la résistance à la traction de la structure, conséquence probable des mauvaises valeurs d'arrachement mesurées dans la matrice béton.

Cette situation complexe peut être tolérée sous certaines conditions. Celles-ci sont réunies au secteur 3. En effet, trois composantes sont nécessaires au développement de la RAG :

- Des granulats réactifs
- Une solution de pores alcaline
- La présence importante d'eau

La situation avant assainissement ne présentait pas d'étanchéité. La structure du trottoir était directement en contact avec l'eau de ruissellement, pour le surplus chargée en chlorure durant l'hiver.

Les travaux de maintenance engagés sur secteur 3 fournissent à cette structure atteinte une barrière à l'humidité qui empêchera le phénomène d'évoluer.

La situation d'incohérence à l'interface béton-mortier rencontré lors de la mise en œuvre n'est pas la conséquence de la RAG, mais d'un mode de mise en œuvre, dans ce cas, inapproprié. Il est compensé par l'injection de résine fermant les vides présents à l'interface. La mise en œuvre des goujons permet globalement d'améliorer la résistance à la traction à l'interface de manière à assurer la reprise des efforts rasants.

Finalement et au vu des efforts techniques qu'il a fallu déployer pour contrer les différents risques liés à cette pathologie combiné à la situation initialement complexe, nous pensons qu'il est préférable d'entreprendre des travaux de démolition – reconstruction sur les secteurs restants.

MCR & Associés Ingénieurs civils Sàrl Grégoire Monnard, ing. civil

Vevey, le 10 juillet 2017

La réaction alcali-granulat (RAG)

La réaction alcali-granulat (RAG) est un processus de dégradation physico-chimique lent du béton. La solution de pore alcaline du béton réagit avec certaines phases des granulats. Cette réaction engendre une prise de volume et une fissuration du béton.

La RAG est une réaction particulièrement lente: les premiers symptômes visibles peuvent apparaître plusieurs dizaines d'années après la construction. La RAG a été mise en évidence pour la première fois aux USA en 1940 (Stanton). Ce n'est cependant que vers la fin des années 90 qu'elle a été diagnostiquée en Suisse. Depuis 2012, une règlementation normative de la RAG existe en Suisse avec le cahier technique SIA M 2042.

Processus

Certaines phases de granulats de bétons sont composées de silice (SiO₂) amorphe ou mal cristallisée et sont dissoutes sous l'effet du potentiel hydrogène (ou pH) fortement basique de la solution de pores du béton. Les alcalins de la solution de pore se combinent avec la silice dissoute pour former un gel hygroscopique (fig. 1). Ce gel gonfle en absorbant de l'eau. Les granulats se fissurent sous la pression exercée par le gel. Alors que la réaction chimique avance, la formation de gel augmente et la fissuration se propage dans la pâte de ciment. Ceci se traduit par l'apparition d'un faïençage caractéristique à la surface du béton (fig. 3).

La RAG peut se développer aussi bien localement que de manière généralisée dans un élément. Elle peut se développer en surface mais également dans toute la section d'un élément en béton. La fissuration due à la RAG favorise l'accès de l'humidité, des ions chlorures et des alcalins dans le béton. Ce phénomène peut accélérer la réaction dans certaines circons-

rois composants sont nécessaires à la RAG :

- des granulats réactifs,
- une solution de pores alcaline et
- de l'eau.

La majorité des granulats suisses contient des quartz fins et doit donc être considérée comme potentiellement réactive. Les alcalins du béton proviennent principalement du ciment et l'eau peut être présente en quantité importante dans certains ouvrages. L'apparition de fissures induites par la RAG réduit progressivement la résistance à la traction et le module élastique du béton, puis la résistance à la compression.

La RAG peut être particulièrement critique pour des éléments encastrés ou mobiles tels que des appareils d'appui de ponts ou des portes d'écluse ou encore des ouvrages entiers tels que des barrages.

La RAG en Suisse

Les granulats suisses contiennent quasiment tous des phases potentiellement réactives comme des calcaires siliceux, des grès ou des gneiss. Cependant, il y a en Suisse des variations

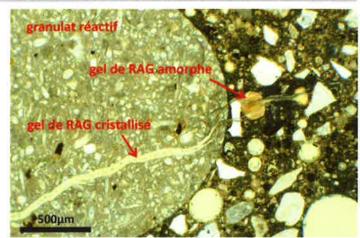


Figure 1: Gel de RAG mis en évidence sur lame mince.

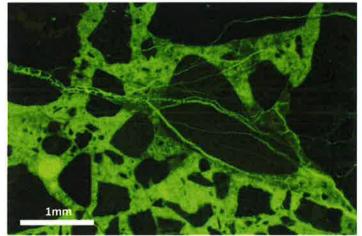


Figure 2: Fissures dues à la formation de gel de silice mises en évidence sur lame mince.



Figure 3: Faïençage caractéristique de la RAG sur un mur de soutènement.

régionales en ce qui concerne la fréquence et l'intensité des dégâts liés à la RAG dans les structures en béton. Les dégâts les plus fréquents et les plus importants se situent dans l'arc alpin, notamment en raison d'un plus grand nombre d'ouvrages exposés, tels que les murs de soutènement, saturés en eau par l'amont et exposés au soleil depuis l'aval.

3 Diagnostic, remise en état et monitorage

Afin de diagnostiquer la RAG dans un béton, il est impératif d'effectuer une analyse microscopique (fig. 1 et 2). Le faïençage caractéristique de surface (fig. 3) peut permettre de soupçonner une RAG. Cependant, un diagnostic de l'état général de l'ouvrage, plus particulièrement des zones invisibles (par exemple le béton du cœur, les fondations ou l'arrière d'un mur de soutènement), ne peut être effectué qu'au travers de prélèvements de carottes.

Une analyse microscopique permet de confirmer la présence de RAG dans un échantillon, mais peut également permettre d'estimer l'avancement de la réaction.

La remise en état d'un ouvrage touché par la RAG peut dans une première phase être effectuée en réduisant l'apport d'eau dans l'élément par une imprégnation hydrofuge.

Une mesure supplémentaire est de remplacer le béton de surlice. Les éléments les plus détériorés doivent même être remplacés intégralement. Dans tous les cas, un monitorage des éléments sur le long terme est fortement conseillé [3]. Cette mesure permet un suivi sur le long terme par des experts et fournit des données d'expansion en continu. Il en résulte une surveillance accrue de l'évolution de l'expansion et de l'efficacité d'éventuelles mesures de remise en état effectuées. Une prédiction de l'évolution des déformations d'un ouvrage peut être assistée par des essais d'expansion résiduelle sur carottes effectués en laboratoire.

4 Prévention de la RAG (SIA M 2042)

La résistance à la RAG d'un béton peut être augmentée en réduisant la teneur en alcalins du ciment. Cette mesure est possible soit en réduisant la teneur en ciment du mélange, soit en remplaçant une partie du ciment par des additions minérales, soit d'utiliser un ciment contenant d'autre constituants principaux (laitier de haut fourneau, cendres volantes, fumée de sipe).

Le remplacement de granulats réactifs par des non réactifs est en général impossible à réaliser pour des raisons de coût. Des mesures constructives peuvent également améliorer la résistance à la RAG: l'accès de l'eau au béton doit être réduit au maximum et de façon durable à l'aide de drainages et/ou d'étanchéités.

Depuis 2012, le cahier technique SIA 2042 « Prévention des désordres dus à la réaction alcalis-granulats (RAG) dans les ouvrages en béton » fait foi en Suisse et remplace les directives

cantonales, des CFF et de l'OFROU. Le cahier technique contient les directives nécessaires pour la conception de nouveaux ouvrages ainsi que les méthodes d'essais pour la caractérisation des granulats et des bétons en ce qui concerne leur alcali-réactivité. Les essais suivants sont proposés :

1) La réactivité des granulats peut être testée via l'essai microbar. Des prismes de mortier (1 x 1 x 4 cm³) sont confectionnés avec de la farine de granulats moulus et mis en autoclave durant 6h à 150°C dans une solution de NaOH. L'expansion mesurée est ensuite comparée à des valeurs limites.

2) La réactivité des bétons est testée via l'essai de performance. Des prismes (7 x 7 x 28.2 cm³) sont confectionnés en laboratoire avec la recette du béton à tester et mis dans une atmosphère à 60°C et une humidité relative de 100% durant 5 mois. Ils sont mesurés mensuellement. Les résultats d'essais dépendent fortement de la recette de béton testée. S'il n'y a aucune modification des matières premières susceptible d'influencer la RAG (SIA M 2042, tableau 2), les résultats de l'essai de performance sont valables 5 ans. Lors de la planification de nouveaux ouvrages avec des exigences de résistance à la RAG des bétons, les classes de risque, d'environnement et de prévention sont à définir selon le cahier technique SIA M 2042. En fonction de ces classes, des bétons résistants à la RAG devront être utilisés et les mesures de construction nécessaires devront être prises. Les essais selon le cahier technique SIA M 2042 doivent être effectués par des laboratoires accrédités et l'interprétation des résultats d'essais nécessite l'intervention de personnes compétentes.

Références

[1] <u>Dégâts dus à la réaction alcali-granulats dans les ouvrages en béton en Suisse (2006)</u>; Forschungsauftrag AGB2001/471, Dr. Ch. Merz, Dr. F. Hunkeler, Dr. A. Griesser, TFB AG.

[2] <u>Validation des essais RAG actuels pour les nouvelles constructions et les ouvrages atteints de RAG (2011)</u> Forschungsauftrag AGB2005/023, Dr. Ch. Merz, TFB AG; Dr. A. Leemann, EMPA.

[3] Remise en état et surveillance des murs de soutènement et des ponts endommagés par la RAG (2013) Forschungsauftrag AGB2006/006, Dr. F. Hunkeler, Dr. P. Kronenberg, TFB AG; Dr. U. Püschner, TBA Kt. Basel-Landschaft (jusqu'au 30.4.2012 TFB AG)

[4] SIA M 2042 "Prévention des désordres dus à la réaction alcalis-granulats (RAG) dans les ouvrages en béton", SIA, 2012.

Dr Théodore Chappex

Dr Pascal Kronenberg

NOS PROCHAINES JOURNEES TECHNIQUES

décembre 2014

02.12. Norme révisée SIA 267 Géotechnique

Inscription: Compétences pour la construction, TFB AG, 062 887 72 77, schulung@tfb.ch, http://www.bauundwissen.ch

THEMES EN PERSPECTIVE

- Bétonner à hautes et basses températures
- · Loi fédérale sur les produits de construction