

Zeitschrift: Ingénieurs et architectes suisses
Band: 124 (1998)
Heft: 12

Artikel: Éléments de béton blancs dans les tunnels et passages inférieurs routiers
Autor: Nydegger, Urs / Hostettler, Paul / Grünig, Walter
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-79386>

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: 23.05.2025

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

Eléments de béton blancs dans les tunnels et passages inférieurs routiers

Par Urs Nydegger,
Paul Hostettler et
Walter Grünig,
Elément SA,
1712 Tafers
Walter Grünig,
Impag AG,
Feldeggstr. 26,
8034 Zurich

Les maîtres d'ouvrage et les ingénieurs s'intéressent actuellement beaucoup à l'utilisation du béton blanc dans les tunnels et passages inférieurs routiers, car il permet une économie de frais d'installation ainsi que de consommation d'énergie pour l'éclairage. En outre, la sécurité du trafic s'en trouve améliorée, les mouvements dans le déroulement du trafic étant plus rapidement et mieux perçus.

Pour donner sa blancheur au béton et en établir la formule, il faut recourir à des agrégats satisfaisant aux exigences de la technologie du béton en ce qui concerne la dureté, la granulométrie et la capacité de prise. Il est en outre nécessaire qu'ils soient absolument stables à la lumière et présentent une résistance élevée aux acides, aux alcalis, aux carburants et autres produits chimiques. Des matériaux à base de calcaire ou d'autres additifs d'éclaircissement, de pigments ou de catalyseurs ne conviennent pas à une telle utilisation. Le liant utilisé est un ciment *Portland* blanc, répondant aux exigences minimales selon CEM II 42,5.

Les caractéristiques des matériaux sont vérifiées sur éprouvettes, évaluées photo-optiquement dans l'état sec et mouillé. Cette procédure donne une première impression de la qualité du béton et des agrégats utilisés. De faibles variations de qualité des matières premières et de la composition peuvent déjà influencer considérablement les valeurs colorimétriques et photométriques, ce qui oblige à répéter les séries d'essais.

Formule du béton

Lorsque les conditions mentionnées ci-dessus sont satisfaites, il convient d'accorder à la composition l'attention propre à obtenir un béton extrêmement homogène, pratiquement exempt de pores, présentant une surface étanche.

Pour remplir les exigences quant à la migration des sulfates, à la diffusion de chlorures [1]¹, à la résis-

¹ Les chiffres entre crochets renvoient aux références en fin d'article.



Fig. 2. – Élément préfabriqué pouvant être utilisé comme structure porteuse ou comme coffrage perdu dans la partie arrondie de la section du tunnel

tance au sel de déverglçage [2], à la luminosité et à la réflexion, les critères de contrôle lors de la fabrication du béton doivent être particulièrement sévères.

En raison de la proportion accrue des agrégats les plus fins, la granulométrie des additifs doit être

définie et optimisée au moyen d'essais. Une fois définie, la courbe granulométrique doit être scrupuleusement respectée. L'apport de gravier doit se faire par quatre composants. Une variation de 0,5 % par composant peut influencer les valeurs colorimétriques et photométriques. La valeur la plus judicieuse du rapport eau-ciment se situe entre 0,42 et 0,45 et dépend de l'épaisseur des couches à appliquer. Si nécessaire, une meilleure dispersion du ciment peut être obtenue par ad-

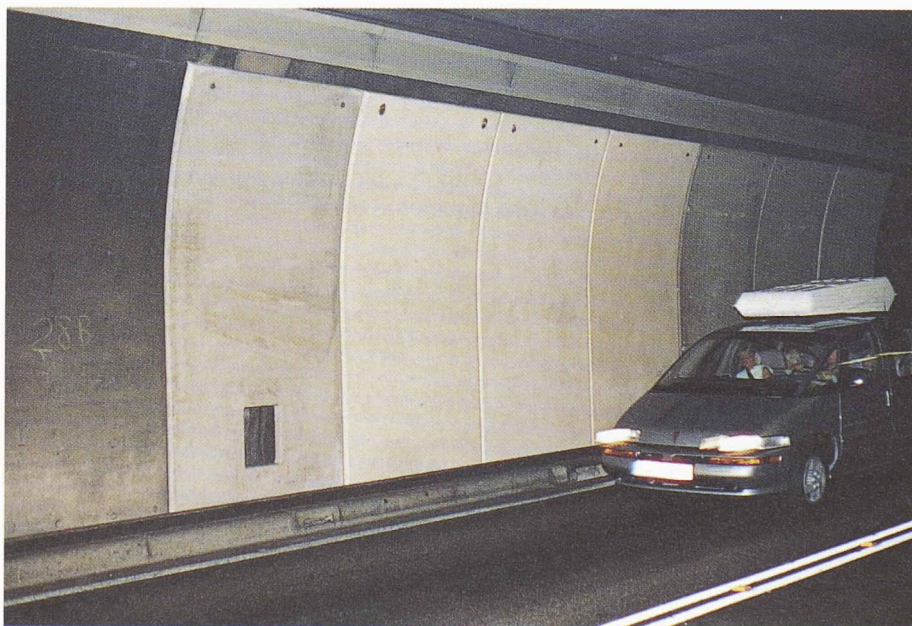


Fig. 1. – Eléments blancs en forme, posés dans le tunnel routier du Saint-Gothard pour des essais de nettoyage

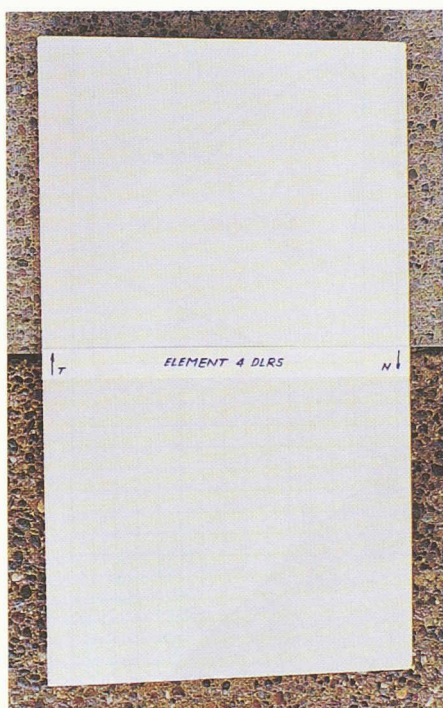


Fig. 3. – Panneau éprouvette, sec en haut, humide en bas, avec surface à réflexion diffuse

dition de superfluidifiant. La haute densité du béton est obtenue par des vibrateurs avec une fréquence d'au moins 14 500 min⁻¹, avec une force centrifuge minimale de 60 000 N.

C'est une fabrication industrielle qui offre les meilleures conditions pour garantir le respect de ces exigences qualitatives.

Surface et facteur de réflexion

La surface doit d'une part offrir un aspect très clair, d'autre part présenter un facteur de réflexion minimal. Elle ne doit pas seulement satisfaire aux exigences technologiques du béton exposées ci-dessus, mais encore ne pas apparaître trop lisse (spécularité), ni trop rugueuse (perte de clarté, ombres portées). Il convient de

choisir et de traiter en conséquence le matériel de coffrage.

Même après d'importantes salissures, l'état original doit pouvoir être rétabli par des méthodes de nettoyage usuelles sans pertes de coloration.

Autre critère, malgré une surface relativement lisse, la lumière doit être réfléchie de la façon la plus diffuse possible, avec une spécularité minimale ou nulle (un facteur de réflexion de 0,25 est considéré comme une valeur nulle). Une bonne répartition de la lumière et un faible miroitement contribuent à diminuer les gênes pour les conducteurs et ainsi à améliorer la sécurité du trafic.

L'Office fédéral de métrologie, à Berne, a déterminé qu'un facteur de 1,67 correspondait à une surface faiblement réfléchissante. A titre de comparaison, un carrelage céramique blanc présente un facteur supérieur à 12.

Critères de couleur

Alors que les exigences purement liées à la technologie du béton peuvent être satisfaites en ce qui concerne les composants, il s'avère très difficile d'atteindre les valeurs de blanc souhaitées, tant à l'état sec qu'humide. Le résultat obtenu est d'autant meilleur que la qualité de la couleur de base, soit le degré de blancheur des composants, est élevée. Une perte de blancheur ne peut être corrigée ni par un recours accru au matériau, ni par l'addition de pigments sans qu'il en résulte une importante perte de qualité au niveau du produit final. L'absorption d'eau ainsi qu'une perte de blancheur à l'état humide, auxquelles s'ajoutent une salissure accrue et une surface crayeuse, peuvent en être les conséquences. Il peut également en résulter une spécularité de la surface et une couleur inhomogène.

Bases colorimétriques

La dispersion et l'absorption de la lumière constituent des caractéristiques optiques du matériau et sont dépendantes de la longueur

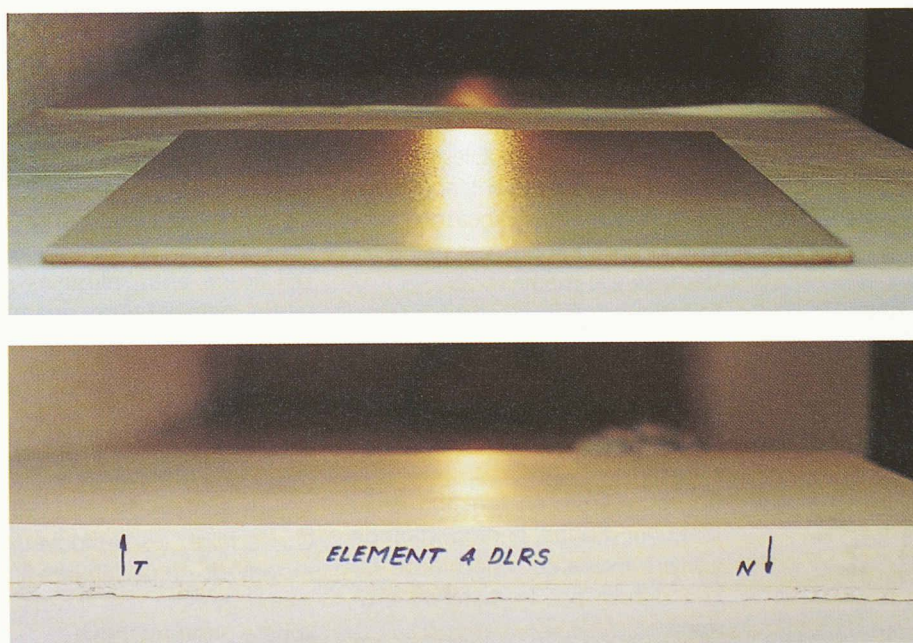
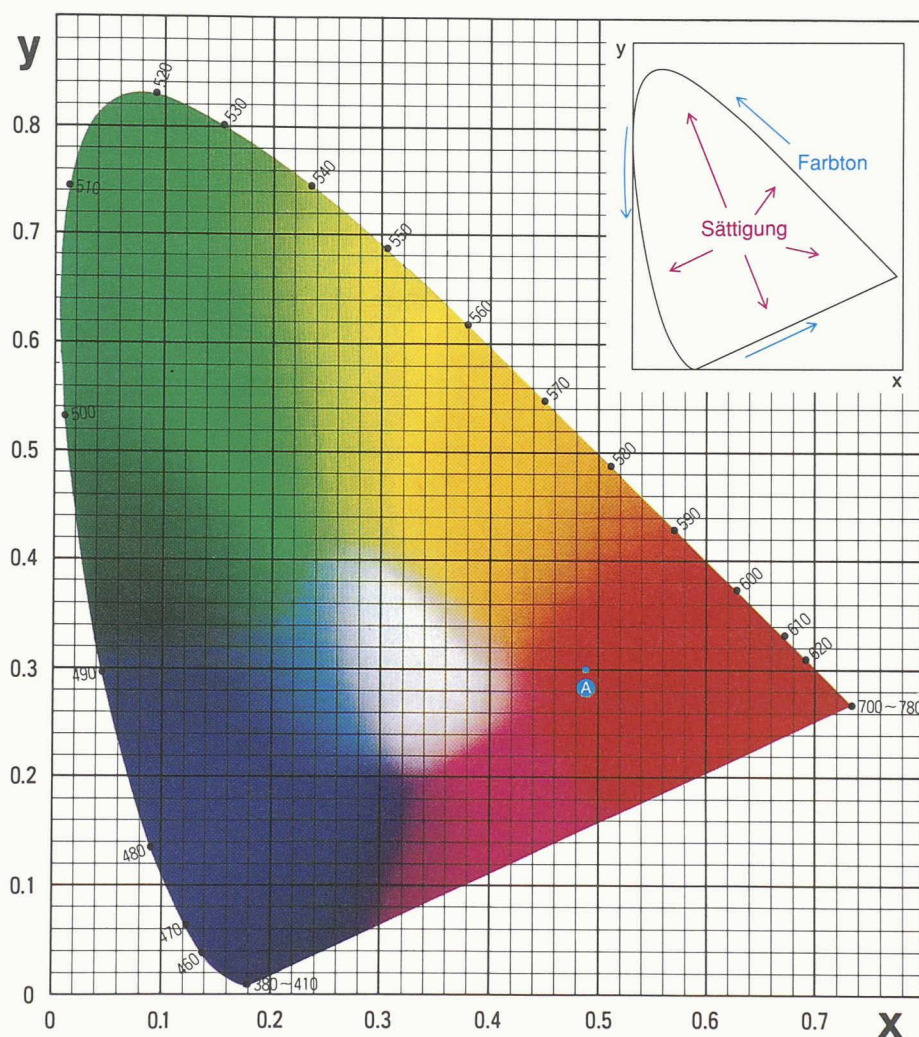


Fig. 4. – Spécularité avec une même source lumineuse: plaque de céramique blanche matte avec facteur de réflexion 13,2 (en haut), et plaque de béton blanc, avec réflexion diffuse de la lumière, avec facteur de réflexion 1,67 (en bas)



Triangle de la norme de la Commission Internationale de l'Éclairage (CIE 1931): Sättigung = saturation, Farbton = nuance
Photo Minolta S.A., Dietikon

d'onde de la lumière. Elles peuvent être influencées aussi bien par les composants solides encastés dans la couche de fond que par cette dernière elle-même.

La réflexion diffuse constitue la caractéristique résultant de l'interaction de la dispersion et de l'absorption. Elle décrit l'effet optique d'un matériau et peut être exprimée par une courbe de réflexion, qui représente, en fonction de la longueur d'onde, la proportion de lumière incidente réfléchie de façon diffuse par le matériau examiné.

Cette courbe, pondérée par une fonction d'éclairement, est représentative de la perception de la

couleur, et par là de la luminosité selon ISO qu'elle permet de calculer, exprimant en pour-cent le pouvoir réfléchissant d'un matériau. Les écarts entre plusieurs éprouvettes peuvent être quantifiés à l'aide d'un système de couleurs.

Système colorimétrique et résultats

Pour les mesures de réflexion, on utilise une installation spectrophotométrique pilotée par ordinateur. On éclaire les éprouvettes au moyen de deux lampes-flash au xénon pulsées au travers d'une sphère photométrique.

A chaque mesure, on compare l'éprouvette avec une surface de référence de la sphère photomé-

trique pour 16 valeurs dans le domaine du rayonnement visible de 400 à 700 nanomètres. Pour garantir une précision de mesure aussi élevée que possible, il est nécessaire de recourir à un monochromateur à deux faisceaux avec deux grilles obtenues par holographie et deux rangées de diodes appariées de façon sélective.

Nous accordons une importance particulière au coefficient de luminance compris entre 560 et 700 nm. Des valeurs inférieures à un facteur de 80,0 conduisent immédiatement, lors des mesures de densité lumineuse ultérieures, à des pertes inutiles et indésirables.

Mesure de luminosité

Une fois terminée la procédure de choix décrite ci-dessus, on peut passer à la mesure, exacte à peu de chose près, de la luminosité avec des

sources lumineuses correspondant à la pratique. Il est recommandé d'effectuer des mesures à 90°, à l'état sec et humide du béton. Pour un béton de composition optimale, les valeurs mesurées à sec se situent pour un angle de mesure de 90° dans une fourchette de 11,0-12,0 cd/m², et pour 3° de 12,0-13,0 cd/m². La source lumineuse moyenne au point de mesure est de 51,0 Lux.

La perte de luminosité entre l'état sec et humide se situe en règle générale entre 6 à 10 % pour de bons systèmes. Ces valeurs sont proches de celle de la céramique blanche. Elles ont été déterminées au moyen d'instruments de me-

sure reconnus et étalonnés [3]; ainsi, elles constituent une base pour le calcul de l'éclairage des tunnels et des passages inférieurs.

Economies

Les Forces Motrices valaisannes se sont livrées à des calculs pour le tunnel de Regrouillon, où a été posé un revêtement de céramique blanche, dont les valeurs de rémission sont à peu près comparables à celle de la qualité DLRS.

La luminance de la paroi du tunnel est supérieure à 9,0 cd/m². Le béton à surface diffuse faisant l'objet de ces lignes atteint une valeur comprise entre 11,0-12,0 cd/m². Cet ordre de grandeur permet de calculer des économies de quelque 100 000 francs par km de tunnel pour l'installation d'éclairage et

de 4000 francs par an pour la consommation d'énergie.

Conclusion

Les résultats de la série d'essais sont prometteurs, puisqu'ils correspondent *grosso modo* aux espoirs quant à la résistance mécanique, à la résistance au gel et au dégel, à la diffusion de chlorures, ainsi qu'aux valeurs de couleur, de réflexion et de luminosité. De tels éléments peuvent être produits rationnellement et en accord avec les exigences de qualité, grâce à une préfabrication industrielle; ils ne nécessitent aucun traitement ultérieur sous forme de couche de quelque forme que ce soit. Les résultats parlent d'eux-mêmes par un rapport coût/prestation pratiquement imbattable. Selon l'im-

portance des séries, de tels éléments peuvent être mis en œuvre sans grand problème comme coffrage perdu. D'autres caractéristiques ont été énumérées dans l'introduction au présent article.

Références

- [1] Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt: Prüfbericht Nr. 160210/2: «Bestimmung der Chlorid-Diffusion in Beton», Dübendorf 1996
- [2] Technische Forschungs- und Beratungsstelle der Schweizerischen Zementindustrie: Prüfbericht Nr. 958213.01: «Résistance au gel en présence de sel de déverglaçage», Nyon 1995
- [3] Eidgenössisches Amt für Messwesen: Prüfbericht Nr. 11.8-0750: «Glanzmessung an vier Schalungselementen für Tunnelwände», Wabern 1996

A lire: documents sur le génie génétique

Aliments transgéniques

Dans la perspective de la votation du 7 juin, le développement des organismes génétiquement modifiés (OGM) soulève actuellement des débats passionnés. Cette innovation ne pose pas seulement des questions d'ordre éthique, sanitaire, environnemental; elle pose avant tout la question de la liberté de choix qui est laissée au citoyen en ce qui concerne les formes de progrès. Et plus généralement, du dialogue démocratique dans une société médiatisée.

- La pression des enjeux économiques qui se cachent derrière les OGM n'a-t-elle pas tendance à étouffer le débat démocratique?
- Les scientifiques ont-ils encore l'indépendance d'opinion qui faisait leur crédibilité?
- Les OGM permettront-ils de diminuer les dégâts environnementaux dus à l'utilisation des intrants chimiques en agriculture, ou sont-ils un moyen de pousser davantage l'agriculture intensive et industrielle?
- Les opposants aux OGM sont-ils sincères quand ils font le parallèle avec le clonage ou le problème de la vache folle?

Autant de questions abordées dans ce dossier qui vise à stimuler un débat à la veille du scrutin sur l'Initiative populaire suisse pour la protection génétique.

Sous la direction de ROBERT-ALI BRAC DE LA PERRIÈRE et ARNAUD TROLLÉ: «aliments transgéniques: des craintes révélatrices – des scientifiques aux consommateurs, un débat citoyen autour de l'initiative populaire suisse pour la protection génétique», coll. dossier pour un débat, Editions Charles Léopold Mayer, & La librairie FPH, Paris, 1998 (tél. et fax: 0033/148 06 48 86)

Divers points de vue

- DANIEL AMMANN: «Génie génétique et production alimentaire», publication des médecins en faveur de l'environnement, Bâle, 1997, (tél. 061/322 49 49)
- COLLECTIF: «Génie génétique. Des chercheurs citoyens s'expriment», éd. Sang de la terre, Paris, 1998
- JACQUES NEIRYNCK et PHILIPPE GAY: «Tout savoir sur le génie génétique. La science nous met-elle en danger?» éd. Favre, Lausanne, 1998
- PIERRE DOUZOU: «La saga des gènes racontée aux jeunes», éd. Odile Jacob, Paris, 1996
- «Génie génétique et éthique, documentation sur la prise de position sur l'initiative pour la protection génétique», Commission nationale suisse justice et paix, 1997 (tél. 031/381 59 55)