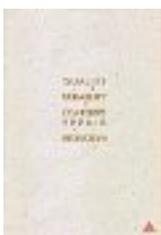


Qualité et Durabilité dans le domaine de la Réparation et Protection des Bétons



▲ Extrait et traduction de la documentation
« Quality and Durability in Concrete Repair and Protection »



Innovation & Consistency | since 1910
Innovation et Fidélité depuis 1910

Préambule

Evolution des produits et des appellations commerciales depuis 1980

Sika® a mis en place une politique d'amélioration continue et investit chaque année en Recherche et Développement.

Les formulations des produits utilisés dans les références de chantiers réalisés entre 1977 et 1986 ont été améliorées ou remplacées par de nouvelles technologies afin de bénéficier d'avantages supplémentaires (en terme d'application et/ou durabilité).

En 1983, Lechler Chemie GmbH est devenu une filiale à part entière de Sika AG. En conséquence certains produits ont été renommés dans le but d'uniformiser les gammes de produits.

Ce document est un recueil de rapports techniques qui synthétise quelques cas concrets, dans lesquels les produits utilisés à l'origine ont aujourd'hui changé d'appellations commerciales.

Nom originel du produit	Nom actuel du produit	Amélioration / avantages
Icoment Repair Mortars	SikaTop (2-composants) Sika MonoTop (1-composant)	Largeur de gamme, performances, application
Icosit Concrete Cosmetic	Sikagard®-680 S BetonColor	Renommé en 1987 Meilleur pouvoir couvrant Réduction de la teneur en solvant Elargissement gamme coloris
Icosit Elastic	Sikagard®-550 W Elastic	Amélioration de la résistance à la fissuration Amélioration de la thixotropie Meilleure stabilité /UV Elargissement gamme coloris

Qualité et Durabilité dans le domaine de la Réparation et de la Protection des Bétons

A l'origine

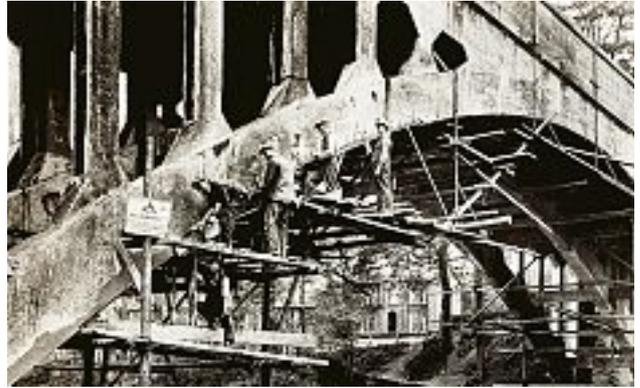
Depuis les années 1920, Sika® a été à l'avant-garde de l'innovation technologique pour la Réparation et la Protection des bétons.

En effet, Sika® a initié la recherche sur les premiers procédés de réparation du béton en débutant par les enduits d'étanchéité au cours des années 1920/1930, jusqu'au développement dans les années 1950/1960 des mortiers à base de résine époxydique et des mortiers modifiés aux polymères (LHM).

Dans les années 1970, Sika® introduit le premier système complet de réparation et de protection des bétons comprenant les produits de protection des armatures, les primaires d'adhérence, les mortiers de réparation et de finition ainsi que les produits de protection (imprégnation et revêtements / peintures)

L'introduction en 1996 du Sika® FerroGard®-903, imprégnation inhibitrice de corrosion destinée à protéger les aciers du béton armé contre les dommages latents, et qui fait partie intégrante de notre système de Réparation/Protection/Prévention, est une preuve supplémentaire de notre volonté d'innovation continue et d'avant garde technique.

En 1996, il fut également décidé de confier des missions d'inspection et d'évaluation à des experts spécialistes et indépendants, concernant la performance de ces procédés, appliqués depuis 10 ou 20 ans en Europe de l'Ouest sur différents types de structure.



Et Aujourd'hui

Ce document représente la compilation des rapports d'inspection de ces Experts indépendants concernant des structures réparées en Allemagne, Danemark, Norvège, Royaume-Uni.

Leurs conclusions positives sont une preuve supplémentaire de l'efficacité des performances des Procédés Sika® de Réparation et de Protection.

La traduction est un extrait qui présente 3 projets sur les 12 mentionnées dans le document d'origine.



Pont en Béton à Jutland au Danemark

Construit dans les années 60 ; réparé et protégé en 1983, inspecté et évalué en 1988, 1991 et 1994.

La Structure



Photo 1 : Un des ponts sélectionnés sur l'autoroute M60/M61 (1997)

En ligne avec les problèmes de durabilité rencontrés sur les ponts en béton construits dans les années 60, les Ponts et Chaussées Danois organisèrent une étude d'inspection et de recherche des origines des causes de la détérioration des bétons.

Les Ponts et Chaussées établirent aussi un groupe de travail qui avait pour objectif de proposer des options de rénovation sur quelques structures qui montraient de nombreuses fissures, et donc de suggérer des pistes d'améliorations sur la protection des ponts en béton en général.



Photo 2 : Vue rapprochée de fissures typiques dues à l'alcali réaction

Les Problèmes

Sur deux autoroutes principales – M60 et M61 – ils sélectionnèrent cinq ponts qui présentaient des détériorations et fissurations caractéristiques.

Le groupe de travail collectionna toutes les données originelles sur les ponts et des mesures d'humidité dans le béton furent réalisées.

Les fissures dans les ponts ont été identifiées comme dues à la combinaison des problèmes de retrait plastique initial et d'alcali réaction. L'analyse en laboratoire a permis de mettre en évidence l'utilisation d'agrégats réactifs (voir photo 2).

La Solution

En fonction de ces informations et analyses, le groupe de travail a sélectionné un produit de protection à haute performance, l'Icosit Elastic, pour la protection générale des ponts, spécialement contre la pénétration future d'humidité.

Ce produit a été choisi pour ces excellentes propriétés de résistance à l'eau, de sa flexibilité (potage des fissures) et de sa capacité à laisser respirer le support.

Sur trois des cinq ponts sélectionnés, les poutres extérieures et parapets ont été préparés et réparés en utilisant des mortiers Sika® puis protégés en 1983 avec l'**Icosit Elastic** (voir photo 3).

Les deux ponts restants ont été laissés non protégés afin d'être suivi et de servir de référence pour prouver l'efficacité des traitements.



Photo 3 : Parapet après réparation et protection avec l'Icosit Elastic

Le Système Sika® de Réparation et de Protection

La surface du béton a été préparée par sablage puis dépoussiérée par aspiration pour évacuer les poussières.

- ▲ Puis, les défauts de surface ont été réparés avec des mortiers Sika®.
- ▲ L'ensemble de la surface du béton a été resurfacée avec un mortier Sika® de surfacage (**Icoment 520**) sur 2 mm d'épaisseur.
- ▲ Celui-ci a ensuite été recouvert de l'**Icosit Elastic Primer** et de la couche de finition **Icosit Elastic**. L'ensemble a été appliqué avec une épaisseur minimale de 400 µm de film sec en trois couches.

Les bétons ont été sous surveillance et suivis sur les 5 dernières années jusqu'en 1988 incluant des mesures fréquentes d'épaisseur de fissures, de mouvement et des mesures d'humidité du béton.

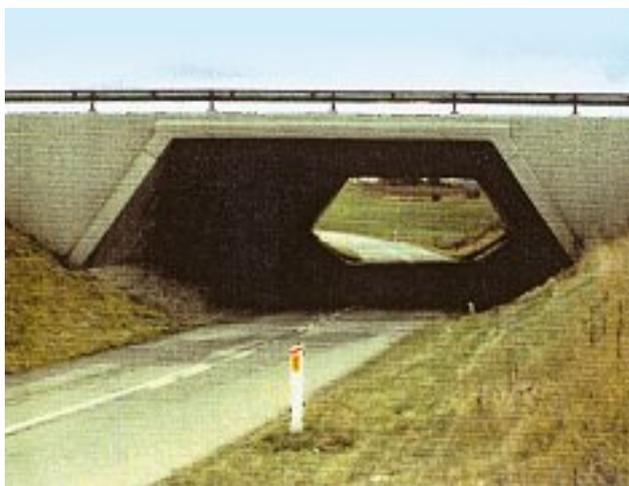


Photo 4 : Un des ponts réparés de l'autoroute M60/M61 durant l'évaluation de 1994

Conclusion

Après cinq années, la protection de surface était toujours intacte, de couleur éclatante et semi-brillante, avec un pontage effectif des fissures et une bonne adhérence au support.

Le béton protégé ne montrait que peu de différence significative d'humidité contrairement aux deux ponts non protégés qui présentaient une humidité élevée et des signes évidents d'accentuation de la détérioration.

L'inspection visuelle et les mesures d'humidité ont montré clairement que dans le cas des trois ponts protégés, la progression des détériorations a été soit arrêtée ou significativement réduite.

En 1994, les Ponts et Chaussées conduirent une inspection supplémentaire à celle de 1988. Leur conclusion était que les systèmes de réparation et de protection sélectionnés ont conservé toutes les performances désirées après plus de 10 ans de service et que « probablement, ils les conserveront plus longtemps encore ».

Sur la base de ces rapports et de l'analyse des produits lors d'essais en laboratoire, en particulier concernant la prévention de la pénétration des chlorures issus des sels de déverglaçage, les Ponts et Chaussées utilisent régulièrement ces systèmes Sika® pour la protection des ponts autoroutiers.

Chronologie et Références

Rapport initial :

Décembre 1991 Gimsing et Madsen A/S et Axel Nielsen A/S

Rapport supplémentaire :

1994 Les Ponts et Chaussées Danois – Département des Ponts

Rapport d'essais complémentaire :

1994 Laboratoire AEC, Danemark

Immeuble Sudbury, Londres, Grande Bretagne

Construit en 1972 ; Réparé et protégé en 1986, Inspecté et évalué en 1997

L'immeuble Sudbury est une tour de 25 étages comprenant 132 appartements, situé dans le centre de Wandsworth à Londres. L'ensemble fut construit vers 1972 et été conçu sur le principe constructif mur de refend/planchers porteurs en béton armé reposant sur des poteaux et fondations en béton armé. Toute la structure béton en élévation a été réalisée en béton léger coulé en place (Lytag).

Le Problème

Des zones d'éclats de béton apparurent dès 1981, et une première investigation à petite échelle révéla des enrobages d'armatures insuffisants et le démarrage de la corrosion de ces armatures. Suite à cette étude, le conseil municipal de Wandsworth missionna la société Mitchell McFarlane & Partner pour réaliser une étude plus





Photo 5 : Immeuble Sudbury en janvier 1997

complète et pour proposer des recommandations de réparation pour une durée de vie d'au moins 15 ans avant la première maintenance. Ce rapport fut rédigé par les ingénieurs au début 1984.

Leur principale préoccupation était la mauvaise tenue d'ensemble du béton léger, qui du fait d'un très haut niveau de carbonatation et d'un enrobage des aciers d'armature inadéquate, était fissuré et éclaté à de nombreux endroits.

Des zones étendues de micro-fissurations étaient aussi évidentes en surface du béton avec d'autres déficiences à l'intérieur des appartements telles que des zones de condensation et quelques joints défectueux entraînant des entrées d'eau.

Une étude précise avant contrat sur l'étendue complète de la dégradation du béton n'était guère faisable ni réaliste financièrement due à la très grande variété du front de carbonatation allant de 5 mm à 45 mm et ce même sur des zones très localisées.

Toutefois, il y avait une tendance très nette vers une carbonatation plus importante dans les sept premiers étages de l'immeuble. Ceci fut finalement attribué au fait que les panneaux béton séchaient plus vite dans les étages inférieurs alors qu'ils restaient plus longtemps humides dans les étages supérieurs. Cette humidité résiduelle entraînait une barrière « temporaire » à la carbonatation dans ces zones.

La Solution de Réparation

Après analyse approfondie, le système de réparation **Icoment** de Sika® a été retenu comme le système présentant une solide réputation, de sérieuses références et rapports d'essais en plus du fait de proposer un mortier allégé de réparation et un produit de surfacage de haute qualité pour améliorer l'enrobage des armatures

et de couvrir les micro-fissures (afin de fournir une surface saine pour la couche finale de protection élastique). Tous ces facteurs furent décisifs dans cette sélection. Les produits Sika® suivants furent utilisés :

- ▲ **Icoment 256** : Primaire de protection des aciers
- ▲ **Icoment 503** : Mortier léger de réparation
- ▲ **Icoment 520** : Mortier de surfacage, épaisseur 2-3 mm
- ▲ **Icosit Elastic** : Revêtement de protection élastique et anti-carbonatation suivi de Icosit concrete cosmetic dans les zones où une couche de finition était requise pour produire la couleur bleu brillante souhaitée par l'architecte.

Les travaux de rénovation furent réalisés en 1986 alors que les locataires restaient dans leur appartement. Des échafaudages furent érigés autour de la tour pour faciliter le nettoyage et l'inspection. Cette dernière concerna non seulement l'épaisseur de recouvrement et la profondeur de carbonatation mais aussi des mesures de potentiel d'armatures et de résistivité. La réparation fut réalisée de manière traditionnelle par élimination des éclats et des zones carbonatées autour des aciers corrodés, puis suivie par la préparation et la protection des aciers mis à nu, la réparation à l'aide de mortier, le resurfacage puis finalement l'application des couches de protection. Le travail a strictement été supervisé par les ingénieurs consultants. Le projet fut terminé en décembre 1986.



Photo 6 : Application du mortier de réparation léger en 1986

1997 Surveillance du Système de Réparation et de Protection

Une inspection visuelle de la structure, sur des zones jugées représentatives, fut réalisée par les consultants Ingénieurs Mitchell Mc Farlane et Partner. Deux élévateurs de 9 mètres de haut furent placés à deux endroits différents. Aucune détérioration du béton telle que fissure, éclat etc, ne fût trouvée. Quelques échantillons de Icosit Elastic furent prélevés avec précaution pour analyses en laboratoire : l'épaisseur de ces échantillons a été mesurée et était

supérieure au minimum recommandé (400 microns) et le film a conservé sa souplesse.

Au sommet de la tour où une seule couche de **Icosit Concrete Cosmetic** avait été appliquée sur l'**Icosit Elastic** (pour fournir l'effet bleu brillant durable), il est noté que la couleur originelle avait légèrement perdu de sa brillance mais a dans l'ensemble continué à se comporter de manière satisfaisante (ni pelage ni cloquage). La diminution de l'intensité de la couleur semble être due à l'effet précoce des rayons UV et des intempéries.

Quatre carottes furent prélevées des 2 endroits étudiés, protégées sous film plastique et envoyées au laboratoire de Taywood Engineering près de Londres pour de plus amples analyses.

Résultats d'Essais du Laboratoire

Des essais ont été réalisés par Taywood Engineering pour déterminer :

- ▲ La profondeur de carbonatation (support béton)
- ▲ L'épaisseur du film de protection
- ▲ La résistance à la diffusion du dioxyde de carbone (sur l'échantillon vieilli)
- ▲ La résistance à la diffusion de la vapeur d'eau (sur l'échantillon vieilli)

La réalisation d'essais comparatifs entre des échantillons vieillissés prélevés in situ et des échantillons neufs (avec ou sans vieillissements artificiels en laboratoire) constituait une nouveauté.

Les échantillons prélevés sur site montrent une excellente résistance à la diffusion du dioxyde de carbone et ce même après 10 ans d'exposition sur la structure.

Comme le montre le tableau ci-après, une comparaison directe avec le béton du site, via les coefficients respectifs de diffusion de l'oxygène, confirme la performance du produit de protection.

Immeuble Sudbury Wandsworth : Evaluation de carottes		
Localisation des échantillons : Elévation est, 12 ^e étage Elévation est, 6 ^e étage		
Mesure de l'épaisseur du film (moyenne)	360 microns	14 mils
Plage de l'épaisseur mesurée	320-400 microns	13-16 mils
	(10 lectures)	
Profondeur de la carbonatation	1997	16-24 mm
	1984	16-24 mm

Immeuble Sudbury Wandsworth : Evaluation de carottes			
Mesure de diffusion sur Icosit Elastic	Sur carottes (5/97)	Support laboratoire inerte	
		Après 7000 heures de vieillissement accéléré (4/88)	Sur échantillon fraîchement appliqué (3/86)
Coefficient de diffusion du dioxyde de carbone			
Equivalence d'épaisseur d'air (R-value)	114 m	469 m	580 m
Equivalence d'épaisseur de béton standard (Sc-value)	28 cm	117 cm	145 cm
Coefficient de diffusion de l'oxygène			
Equivalence d'épaisseur du béton du site	83 cm	-	-
Transmission de la vapeur d'eau			
Equivalence d'épaisseur d'air (Sc-value)	4,87 m	-	1,34 m

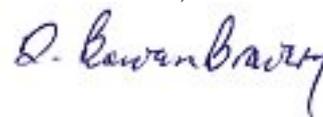
Les résultats montrent que le revêtement laisse toujours respirer le support bien que la résistance à la diffusion de la vapeur d'eau ait légèrement augmentée durant la période d'exposition (vieillessement). L'absence de pelage ou de cloquage confirme le point de vue que l'échantillon vieilli continue de laisser respirer le support.

Conclusion

L'inspection visuelle confirme les performances actuelles du produit en accord avec les spécifications et les besoins du client. Les dégradations du béton ont été réparées et l'ensemble du système de protection a effectivement arrêté la progression de la carbonatation et prévenu le développement de futures détériorations.

Bien que les essais de résistance à la diffusion de gaz diffèrent de ceux utilisés dans les essais classiques de laboratoire, les résultats confirment l'évidence visuelle : le système de protection continue de fournir une barrière efficace contre la carbonatation du béton, tout en permettant la diffusion de la vapeur d'eau. La propriété de pontage élastique des fissures a aussi été confirmée.

Il fût recommandé pour la période de maintenance suivante, afin de conserver l'efficacité du système de protection en place pour de nombreuses années, de le laver à l'eau sous pression et d'appliquer une couche de rafraîchissement de **Sikagard®-550W Elastic** (évolution et amélioration du produit **Icosit Elastic**).



D. B. Bravery
Mitchell McFarlane & Partners



Immeuble Albert Barnes, Londres, Grande Bretagne

Construit en 1963 ; Réparé et protégé en 1982, Inspecté et Analysé en 1997

Cette structure, datant de 1963, appartient au « London Borough of Southwark » situé dans la partie sud de Londres et est géré par une société locale de gérance. Il comprend un ensemble d'appartements de 13 étages et est composé d'un noyau de murs refends avec des murs intérieurs en briques dans les étages. Les structures porteuses (dalles et voiles en béton armé) ont été coulées sur chantier.

Les Problèmes

Dés 1980, il est apparu que les bétons armés exposés (murs et sols) étaient en état avancé de détérioration avec de nombreuses armatures apparentes et corrodées. De nombreux éclats de béton s'étaient détachés causant un sérieux danger pour les résidents et les piétons.

En 1981, la société d'ingénierie Allan Hodgkinson & Associates fut missionnée.

Les essais sur le béton réalisés en 1982 ont montré que le front de carbonatation n'était pas très avancé mais que le problème était surtout dû à un manque d'enrobage des armatures. Cela était probablement dû au mauvais positionnement des aciers lors de la construction et à un manque de contrôle. Une contamination par les chlorures de calcium n'a pas été mise en évidence. Les dangers provenant des chutes d'éclats de béton rendaient la réparation urgente. Le besoin de prévenir l'immeuble de dommages futurs a fait que le système préconisé de réparation et de protection devait être de haute performance, surtout vu le faible enrobage des aciers.

La Solution de Réparation

La réparation a été menée fin 1982 en utilisant un système complet Sika®, cela incluait notamment :

- ▲ purge mécanique des zones endommagées,
- ▲ préparation du béton et de toute armature apparente,
- ▲ application de **Icoment 256 DBP** produit de passivation des armatures,
- ▲ application du primaire d'adhérence et du mortier de réparation **Icoment**,
- ▲ application du mortier de surfacage **Icoment 520** en 2-5 mm (en 2 couches) pour fournir un enrobage alcalin complémentaire et une base saine et libre de défaut destinée à recevoir le produit de protection de surface du béton vis-à-vis de la carbonatation l'**Icosit Concrete Cosmetic**.

1997 - Surveillance et Analyse en Laboratoire du Système de Réparation

La réussite de la réparation et de la protection était évident à partir des observations réalisées sur le site en février et mars 1997. Ces inspections et analyses ont été réalisées par la société de consultants Allan Hodgkinson & Associates à l'origine du projet.



Photo 7 : Côté Est de l'immeuble Albert Barnes en 1997



Photo 8 : Immeuble Albert Barnes à la fin des travaux de rénovation en 1983

Dans le cadre de l'évaluation, 4 échantillons de béton furent prélevés (carottes d'environ 100 mm de diamètre et 100 mm de long) et mis sous film plastique en vue d'être envoyés au laboratoire Taywood Engineering pour analyse.

Bien que la valeur R (épaisseur de couche d'air équivalente – actuellement notée S_D) de l'**Icosit Concrete Cosmetic** ait été réduite à 29 m au cours des 15 années, ce niveau de résistance à la diffusion du dioxyde de carbone continuera encore de fournir une bonne protection contre la carbonatation.

Peter Clayton
Allan Hodgkinson & Associates

Note : Pour une protection efficace sur le long terme, le Professeur Kopfer recommande un minimum de 50 m. Une plus faible valeur de R, obtenue après de longues années de service par exemple, ne représente pas une perte complète d'efficacité de la protection car des réductions intéressantes de vitesse de carbonatation peuvent toujours être obtenues. Cela est confirmé par la profondeur de carbonatation restée constante depuis l'application initiale du produit de protection l'**Icosit Concrete Cosmetic** 15 ans plus tôt.

Il n'y a pas eu d'autre dommage à la structure et le produit de protection est toujours visiblement en très bon état. Il n'y a pas eu besoin de maintenance ou de nouvelle application du produit de protection pendant les 15 années qui ont séparées l'application du produit Sika® en 1982 et le contrôle de 1997.

Il est donc recommandé, afin de continuer à bénéficier des excellentes propriétés de protection apportées par ce système, de simplement réaliser dans les années à venir un nettoyage haute pression suivi d'une application d'une couche de rafraîchissement de **Sikagard®-680S BetonColor** dans la même teinte. (Note : Sikagard-680S est la nouvelle appellation commerciale pour le produit d'origine **Icosit Concrete Cosmetic**).

Autres Ouvrages non détaillés dans la traduction

Ouvrages	Description	Années de Construction/ Rénovation/Inspection	Appellation commerciale actuelle
PONTS			
Pont Aurotoute M60/M61 Jutland, Danemark p. 4-5	5 ponts en béton armé construits dans les années 60 subissant le phénomène d'alcali réaction	1960/83/88/91/94	Sikagard®-550W
Pont Lämershagen sur Autoroute A2 Bielefeld, Allemagne p. 6-9	Pont en béton armé reconstruit à la fin des années 1940 Dalle/voile BA	1940/81/97	Sikagard®-680 S
BÂTIMENTS RÉSIDENTIELS			
Bâtiment Sudbury Londres, GB p. 10-13	Structure sur 26 étages construite en 1972	1972/86/97	Sikagard®-550W
Bâtiment Elliston Londres, GB p. 14-16	Structure poteaux/poutres en Béton Armé construite en 1970 ; Remplissage par panneaux BA préfabriqués	1970/86/97	Sikagard®-550W
Bâtiment Barnes Londres, GB p. 17-19	Structure construite en 1963 sur 13 étages, avec voile BA et remplissage de briques en façade,	1963/82/97	Sikagard®-680 S
Bâtiment Knowles Londres, GB p. 20-22	Structure BA construite en 1972 sur 20 étages, avec poteaux préfabriqués en façade et parement gravillons lavés	1972/87/97	Sikagard®-680 S
BÂTIMENT PUBLIC			
Mairie de Neustadt Allemagne	Structure BA construite entre 1969 et 1971. Les éléments de façades constitués de parapets, murs et colonnes sont en béton nu	1969-74/86/97	Sikagard®-680 S
BÂTIMENTS BUREAUX			
Bureau EWAG Nuremberg – Allemagne p. 26-28	Structure de 14 étages construite au début des années 1950 – Poteaux et façade préfabriqués	1950/ 83-86/97	Sikagard®-680 S / 550W
Siège Social TUV Cologne – Allemagne p. 29-31	Structure hauteur 105 m – Panneaux de façade	1974/86/97	Sikagard®-550W
UNIVERSITÉ			
Brighton, GB p. 32-33	Résidence Etudiante construite en 1963/1964	1963/86/97	Sikagard®-550W
TÉLÉCOMMUNICATION			
Tour Télécommunication Heinrich – Hertz Hambourg – Allemagne p. 34-37	Tour de hauteur 204 m conçue par Trautwein and Leonhardt, construite en 1968	1964-68 /83-84 /97	Sikagard®-680 S
MONUMENTS HISTORIQUES			
Tour Tagblatt Stuttgart – Allemagne p. 38-41	Bâtiment de 16 étages en BA, construit en 1930	1930 /77-78 /97	Sikagard®-680 S
Bâtiment Anciennes Douanes Oslo – Norvège p. 42-44	Structure BA construite en 1921	1921/83/93-97	Sikagard®-550W / -680 S

Sika, Partenaire de vos ambitions



Membranes d'étanchéité
Technologie du béton
Réparation et protection des bétons
Renforcement de structure
Joints et collages souples
Collages, scellements et calages
Revêtements de sols industriels et décoratifs
Etanchéité
Cuvelage

www.sika.fr

BU Entreprises Spécialisées

Activité Travaux Spéciaux

▲ 84, rue Edouard Vaillant
BP 104 - 93351 Le Bourget Cedex
Tél. : 01 49 92 80 67 - Fax : 01 49 92 80 98

▲ 10, rue des Rosiéristes
69410 Champagne au Mont d'Or
Tél. : 04 72 18 03 00 - Fax : 04 78 33 62 35
E-mail : sika.bues@fr.sika.com



Innovation & Consistency | since 1910
Innovation et Fidélité depuis 1910