Rénovation de façades en béton apparent des années trente

Autor(en): **[s.n.]**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin du ciment**

Band (Jahr): **56-57 (1988-1989)**

Heft 3

PDF erstellt am: **23.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-146186

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

BULLETIN DU CIMENT

MARS 1988 56E ANNÉE NUMÉRO 3

Rénovation de façades en béton apparent des années trente

Aspects techniques de la rénovation des façades du bâtiment des Services industriels de la ville de Baden. Un rapport de travail.

Présentation du bâtiment

Le bâtiment des Services industriels de la ville de Baden est l'œuvre des architectes *Robert Lang* – qui avait gagné le concours de 1931 avec son projet «Locaux de travail ensoleillés» – et *Hans Loepfe.* C'est un témoin marquant de la «construction nouvelle» des années trente à Baden (Fig. 1).

Cet ouvrage présente un ensemble de qualités remarquables: une bonne adaptation à l'environnement bâti, une répartition généreuse des volumes, la construction bien conçue, le soin avec lequel les matériaux ont été choisis et la précision des détails. Ses différentes parties, bâtiment principal, magasins en saillie et aile allongée des ateliers, forment un ensemble saisissant de volumes en un parfait équilibre. Les façades bien proportionnées sont animées par le contraste voulu entre les grandes surfaces planes, les fenêtres métalliques dans le même plan et les fenêtres en bois un peu en retrait. Le bouchardage des surfaces de béton les fait paraître plus régulières; les traces de coffrage et les joints de travail sont ainsi effacés, ce qui accentue l'uniformité des surfaces.

2

Mandat de rénovation de 1982

En mai 1982, les architectes ont été chargés d'examiner l'état de la construction et de faire des propositions pour différentes variantes de rénovation des parois extérieures et des fenêtres (éventuellement avec amélioration de l'isolation thermique). Des écaillures de béton s'étaient produites en quelques points de la façade, notamment aux arêtes et aux piliers. Aucune trace de rouille n'était visible et la façade paraissait en relativement bon état. L'indice de dépense d'énergie était de 743,3 MJ/m^2 a, soit à peine plus mauvais que la moyenne de ceux de tous les bâtiments de la ville.
L'examen technique du béton a été confié à LPM AG à Beinwil am See qui, sur la base de quelques carottes prélevées dans la façade nord, a fait les constatations suivantes: En général et dans l'ensemble, le béton n'est carbonaté que sur une épaisseur de 12 mm, ce qui est étonnamment peu pour un béton vieux de 50 ans. A une profondeur plus grande, il est encore alcalin, en sorte qu'il n'y a pas de danger de corrosion de l'armature profonde.
De grandes surfaces de béton ne présentent aucun dégât. Il suffit de les nettoyer à la vapeur et de les protéger par un glaçage contre une poursuite de la carbonatation et une absorption supplémentaire

 d'eau. Mais il y a aussi des zones où l'armature trop peu profonde s'est corrodée et a fait éclater le béton. Celui-ci doit être éliminé, mais celui qui est dessous est en ordre.

	Profondeur de carbonatation
Diagnostic façade nord	10 à 12 mm
Pronostic façades sud et est	10 à 12 mm
Pronostic façade ouest	plutôt moins
Pronostic angles et arêtes	par places jusqu'à 20 mm
Pronostic parties défavorablement humides	jusqu'à 20 mm

En voulant approfondir les études, on a constaté qu'on ne disposait que de peu d'expérience pour la rénovation de bétons apparents et d'aucune expérience pour celle de bétons apparents bouchardés. En 1982, la rénovation du bâtiment de biologie de l'Université de Berne, œuvre d'Otto Salvisberg, était en cours et des essais de rechapage en béton étaient en la phase d'étude pour l'église Saint Antoine de Bâle, œuvre de Karl Moser.

Proposition de rénovation de 1982

Sur la base de ces considérations, les architectes et LPM AG proposèrent les mesures suivantes pour rénover les façades:

- Nettoyer les surfaces de béton;
- Contrôler l'épaisseur du béton qui recouvre l'armature;
- Mettre à nu l'armature aux endroits endommagés;
- Protéger l'armature mise à nu contre la corrosion;
- Reprofiler au mortier imitant le béton et boucharder les parties réparées;
- Rendre le béton hydrophobe et le protéger par une peinture glaçante.

En procédant de cette façon, la façade aurait pu être remise en état avec le même soin qu'on aurait apporté à la rénovation d'un monument historique. Cette manière de faire diffère du procédé usuel en ce sens qu'elle n'exige pas l'application d'un crépi qui aurait recouvert complètement la structure bouchardée du béton.
On a renoncé à une isolation thermique supplémentaire des façades pour les raisons suivantes:

- Les murs sont déjà isolés à l'intérieur par une couche de liège de 4 cm d'épaisseur.
- L'indice de perte d'énergie montre que l'économie thermique du bâtiment est satisfaisante.
- Une isolation extérieure aurait modifié complètement l'aspect du bâtiment.
- L'économie thermique pouvait être améliorée par d'autres moyens

(p. ex. par de meilleures fenêtres, une isolation supplémentaire de la toiture, etc.).

Six entreprises ou groupes ont fait des offres pour cette rénovation; trois d'entre elles furent choisies pour préparer des échantillons de grande dimension sur la façade nord. Ce choix s'est fait sur la base des systèmes proposés; les architectes recommandaient ceux qui sont à base de ciment alors qu'ils étaient sceptiques à l'égard de ceux qui sont à base de résine époxide (dilatations thermiques différentes et trop grande étanchéité à la vapeur). Deux ans plus tard, des carottes ont été prélevées dans ces échantillons; leur examen par LPM AG a donné des résultats satisfaisants.

Elargissement du mandat en 1985 et début des travaux

Entre-temps, le Conseil d'administration et la Direction des Services industriels étaient arrivés à la conclusion qu'il fallait rénover non seulement les façades, mais *aussi l'intérieur* du bâtiment. En juillet 1985, le Conseil communal octroyait les crédits nécessaires, dont fr. 288 000.– pour les façades.
En décembre 1985, deux des groupes d'entreprises proposaient des offres réétudiées. Chaque groupe comprenait un entrepreneur de construction, un peintre et une firme de la chimie des colorants. On constata alors que personne n'était en mesure de faire une offre ferme pour cette rénovation. Les intéressés proposaient d'exécuter en régie la plupart des travaux pour lesquels ils ne pouvaient se lier par des prix fixes. Dans ces conditions, les architectes proposèrent de faire procéder d'abord au repiquage en régie de toutes les parties visiblement endommagées, puis de faire remanier les deux offres sur la base de la nouvelle situation. On pouvait ainsi s'attendre à recevoir des offres fermes, même des forfaits, puisque l'étendue des dégâts serait alors connue. Ainsi fut fait et les résultats furent amers! La façade était en bien plus mauvais état qu'on ne s'y attendait. En plusieurs endroits le béton était carbonaté jusqu'à une profondeur de 30 à 50 mm, en sorte que l'armature porteuse n'y était plus protégée contre la corrosion.

Nouvelles réflexions sur le procédé de rénovation avec la collaboration d'un ingénieur civil

Etant donné l'ampleur des dégâts, le procédé de rénovation de 1982 n'entrait plus en ligne de compte. Les nombreux points endommagés auraient nécessité autant de «minichantiers» soumis aux exigences technologiques (p. ex. traitement de cure) et tous porteurs

de risques de dégâts. En raison du retrait et des tensions de température, chaque transition entre nouveau et ancien béton risque de provoquer des fissures; l'eau pénétrant par les capillaires suscite alors des dégâts par le gel. Il y aurait encore le risque que certains fers n'aient pas été localisés et que l'eau qui pénètre par des fissures jusqu'à l'armature porteuse située dans la partie où le béton n'a plus l'alcalinité protectrice y provoque des dégâts par corrosion. Selon LPM, on aurait dû contrôler le bâtiment tous les 10 ans afin de pouvoir réparer des dégâts ponctuels et après 30 ans une rénovation plus complète aurait encore été probablement nécessaire.
On a examiné le bâtiment du point de vue statique afin de vérifier qu'il avait encore une réserve suffisante de capacité portante. Les résistances du béton ont été mesurées sur une deuxième série de carottes. Partout où elle avait été mise à nu, on a vérifié *l'état de l'armature.* Ailleurs, la position et le diamètre des fers ont été déterminés au moyen d'une sonde électromagnétique. La profondeur de carbonatation a été mesurée en de nombreux points et là où elle était critique les fers ont été mis à nu. On a constaté que l'armature en fers ronds était parfois fortement corrodée, et les sections très réduites, spécialement dans les piliers et linteaux. L'écartement des étriers est parfois le double de la largeur des piliers; les ligatures sont souvent rouillées parce qu'elles n'ont pas une couverture de béton suffisante.
Il a été constaté que la *réserve de capacité portante* serait suffisante après une rénovation bien faite. Il n'était pas nécessaire de renforcer les piliers à condition que l'armature puisse y être mieux recouverte par le béton et que la corrosion puisse être stoppée. Le système décrit plus loin et effectivement exécuté aujourd'hui a été choisi pour les raisons suivantes:

- L'aspect du bâtiment ne serait que peu modifié.
- Les coûts, bien qu'élevés, seraient encore inférieurs à ceux d'un revêtement de plaques ou de dalles.
- Architectes et ingénieurs estimaient que le rechapage en béton était une bonne solution tant au point de vue architectural que technique. Les commissions de constructions et d'urbanisme étaient également de cet avis.

Modalités du rechapage en béton

Les modalités de cette opération ont été établies par LPM, l'ingénieur et les architectes, en collaboration avec les entrepreneurs.
Repiquage du béton: Le béton est enlevé au moyen d'un jet d'eau sous haute pression sur une épaisseur de 30 mm, mais au moins jusqu'au béton sain.

6 *Bétonnage:* Les surfaces de façades sont pourvues d'un treillis d'armature et bétonnées sur une épaisseur de 60 mm. L'état de la surface repiquée doit être tel que le nouveau béton adhère bien à l'ancien. (Les treillis ne sont pas fixés dans l'ancien béton).
Enduit à la pâte de ciment: Aux endroits où le béton ne peut être introduit derrière le coffrage (sous l'avant-toit), l'ancien béton bien nettoyé est revêtu d'un enduit à la pâte de ciment qui doit procurer la même protection que la couche de 60 mm de nouveau béton.
Echantillons: Dans les échantillons préparés chez l'entrepreneur et sur le bâtiment, on prélèvera des carottes qui seront examinées au laboratoire LPM.

Composition du béton:

- CP 325 à 350 kg/m^3 (CP normal sans substitution d'une partie par de la cendre volante!)
- Granulat 0–16 mm
- Rapport eau/ciment E/C $\leqq$ 0,5, ce qui correspond à une teneur en eau capillaire de 10,5 à 11,5%
- Résistance à la compression sur cube β_{w28} = 35 N/mm^2
- Résistance au gel élevée selon LFEM et LPM; air occlus
- Adhérence au vieux béton 2,0 N/mm^2, minimum 1,5 N/mm^2
- Bonne plasticité permettant une mise en œuvre aisée et une compacité maximum (pas de lacunes, nids de gravier, etc.)

Coffrage: Coffrage lisse. Délai de décoffrage 7 jours. Les coffrages sont calculés pour une pression du béton de 4 t/m^2 au cas où les étapes de bétonnage sont de plus de 1 m de hauteur. Coffrages et façade doivent être humidifiés avant le bétonnage. La couverture de béton sur l'armature sera d'au moins 40 mm.
Armature: Il est superflu de dérouiller les fers car ils l'ont déjà été par le nettoyage de la façade sous haute pression. Un traitement anti-rouille spécial n'est pas non plus nécessaire, la protection étant assurée par la couche suffisamment épaisse du nouveau béton. Il suffit que les fers anciens et nouveaux soient conformes aux normes (SIA 162, Art. 8.03).
Les treillis d'armature ont des fils de 3 mm et des mailles de 50 × 50 mm.
Imprégnation et glaçage: Il est prévu de rendre le béton hydrophobe en profondeur par une imprégnation (résultats attendus: faible absorption d'eau avec maintien de la capacité de diffusion de la vapeur, bonne résistance au CO_2).

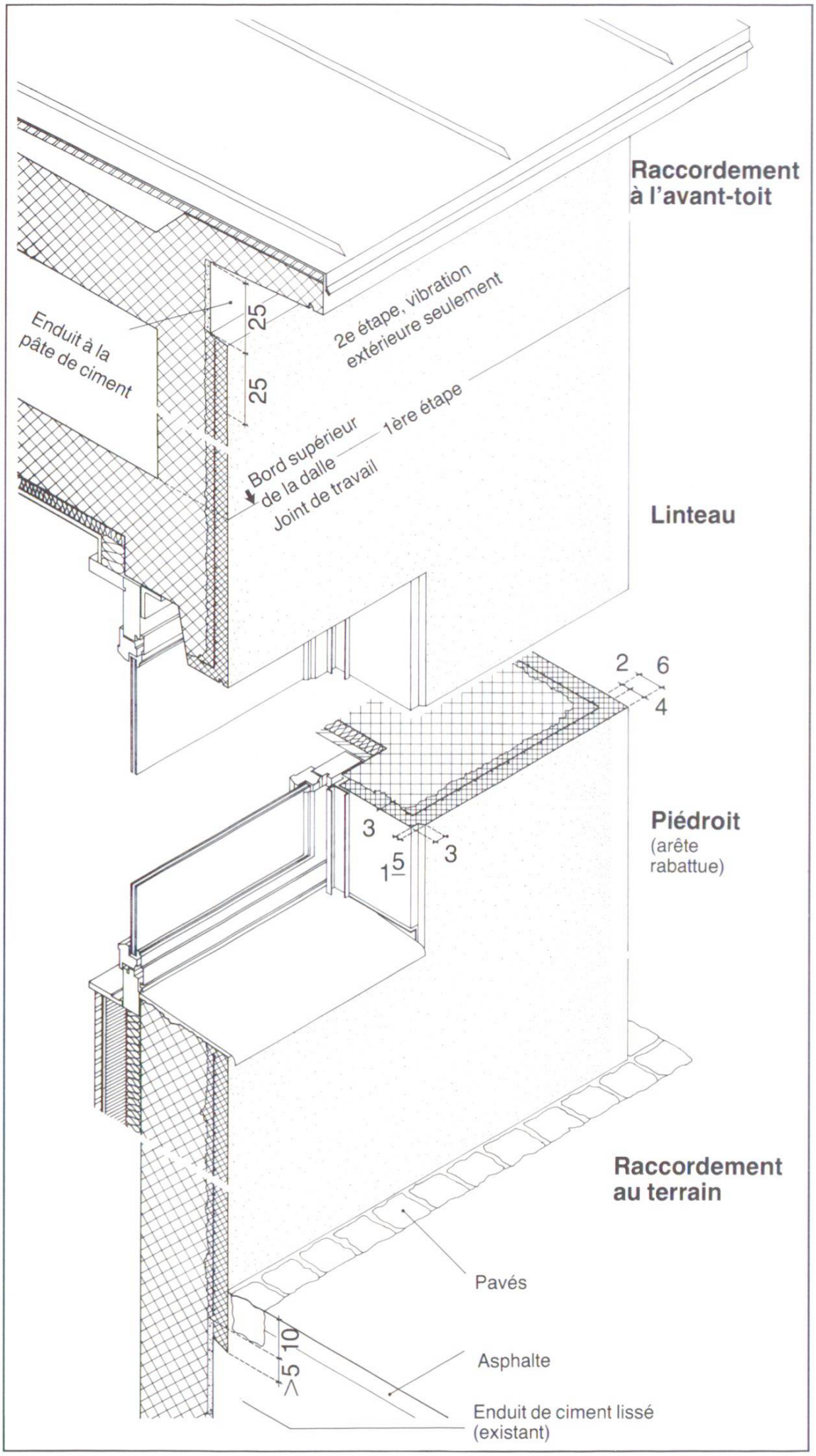


Fig. 2 Rénovation par plaquage en béton. Détails de la façade.

Mise au point des détails par les architectes

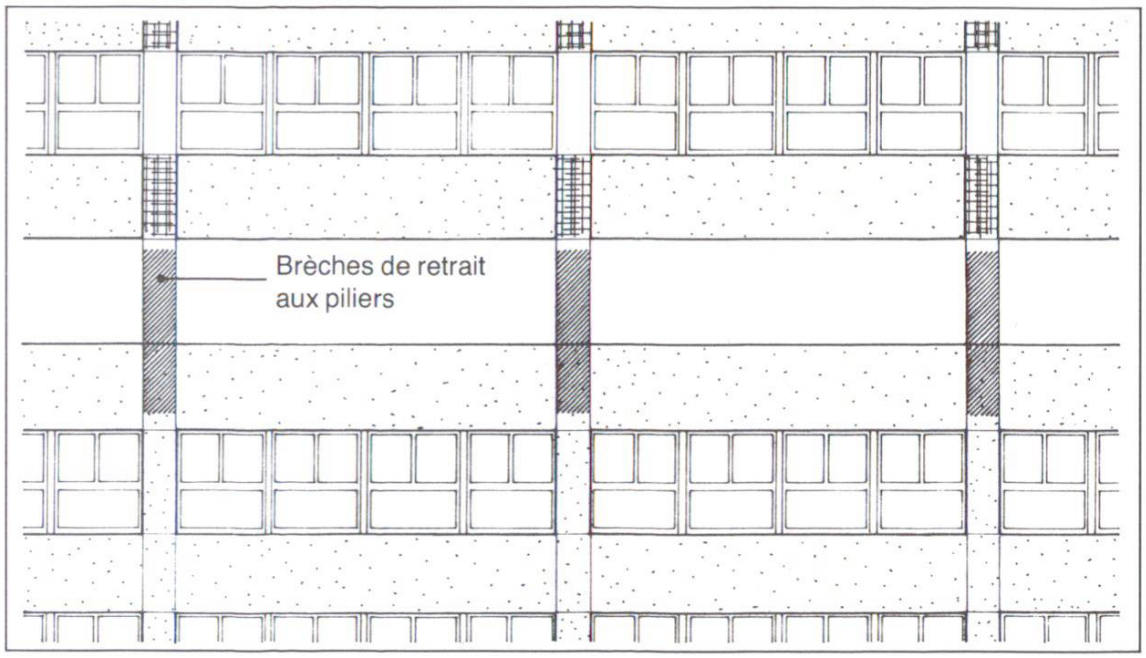
Pour ne modifier que le moins possible les *proportions du bâtiment,* l'épaisseur de la couche de béton plaquée sur les *linteaux* et les *piédroits* est réduite à 30 mm. En outre, l'ancienne largeur des piliers est optiquement conservée en ce sens que leurs arêtes sont abattues grâce à la mise en place d'une latte trapézoïdale dans les coffrages.

Aux *raccordements avec le terrain,* la nouvelle couche de béton doit descendre d'env. 15 cm dans le sol, recouvrir l'enduit lissé du mur de la cave et se terminer par une goutte pendante. Des pavés de granit forment la transition entre façade et revêtement asphaltique du trottoir.

Aux *raccordements avec l'avant-toit,* il n'est pas possible d'introduire le béton derrière un coffrage. On doit donc exécuter un enduit à la pâte de ciment sur une bande de 25 cm de largeur, ce qui rend apparente la couche de nouveau béton.

Joints et brèche de retrait: Le bâtiment n'a pas de joints. Dans ces conditions, aucun entrepreneur ne peut donner la garantie qu'il n'y aura pas de fissures. Il n'est pas possible de créer des joints après-coup, cela modifierait le comportement statique de la construction. D'autre part, des joints éventuels auraient dû être mastiqués; or tout mastic se détériore avec le temps en sorte que les joints perdent leur étanchéité, ce qui entraîne un risque de dégâts beaucoup plus grand que celui qui résulterait des fissures de retrait prévisibles. Il est toutefois important que ce dernier risque soit limité au maximum par le choix d'étapes de bétonnage aussi petites que possible et réguliè-

Fig. 3 Brèches de retrait dans le plaquage, nécessaires en raison de l'absence de joints.



rement réparties. A chaque pilier, des brèches de retrait resteront ouvertes pendant 28 jours. Avant de les coffrer et de les bétonner, on les badigeonnera avec un enduit d'accrochage (Fig. 3)
Après 25 à 30 jours, la surface terminée sera traitée au jet de sable humide afin qu'elle prenne une structure régulière et que les traces des joints de coffrage y soient effacées. Le plaquage de béton réduit si fortement la perméabilité à la vapeur qu'il faut prendre des mesures à l'intérieur pour freiner la diffusion de cette vapeur.

Exécution des travaux, 1986/1987

Repiquage du vieux béton: Le béton a été enlevé au jet d'eau sous haute pression sur une épaisseur de 5 mm seulement, alors qu'on avait prévu de le faire sur 30 mm. Les essais avaient montré qu'il était impossible de repiquer, même mécaniquement, une telle épaisseur de béton sain d'une façade, à partir d'un échaffaudage et sans appui. De plus, le béton n'a que 12 cm d'épaisseur en certains endroits; ainsi, pour des raisons de sécurité, on a dû renoncer au repiquage mécanique général, de crainte que cela ne nuise à l'intégrité du béton existant.
Composition du béton: L'entrepreneur s'était engagé à utiliser un béton de même qualité que celui des essais. Les essais de béton sur le chantier étaient commandés par l'ingénieur et exécutés par LPM aux frais du maître de l'ouvrage. On avait fixé par contrat que si les essais donnaient des résultats insuffisants, leur coût serait supporté par l'entrepreneur et que, suivant les cas, les surfaces de béton concernées seraient démolies.
Des essais sur le béton frais (degré de compactage, mesures d'affaissement et d'étalement ainsi que teneur en air occlus) étaient exécutés à chaque étape, conjointement par la direction des travaux et l'entrepreneur; les résultats étaient notés et appréciés par l'ingénieur.
Coffrage et façade étaient humidifiés en principe au moins quatre heures avant le bétonnage. L'humidité de l'air et la température étaient enregistrées en permanence par un hygrothermographe. Quand l'hygrométrie baissait en dessous de 50%, le bétonnage était interrompu, à moins que des mesures spéciales ne soient prises.
Traitement de cure: Le béton restait coffré pendant 7 jours, seules les attaches étant libérées. Après le décoffrage, selon l'humidité de l'air et la température, la façade était parfois arrosée ou recouverte d'une feuille de plastique.
Développement des travaux et étapes: Les joints de travail et les étapes ont été disposés et réalisés suivant le plan général et les dessins de détail établis d'un commun accord. En cas de danger de

gel nocturne, les parties fraîchement bétonnées étaient protégées par des nattes isolantes; parfois même, l'air confiné entre la façade et un rideau suspendu à l'échaffaudage était chauffé. Le béton était introduit derrière le coffrage au moyen d'un bidon de maçon et vibré avec des aiguilles de 30 mm. On avait constaté que les vibrateurs de coffrage ne permettaient pas de serrer le béton d'une façon régulière. Suivant la situation, le béton était amené sur les ponts d'échaffaudage au moyen d'un câble et sa poulie, d'un élévateur de couvreur ou d'un élévateur fixe. Des essais avec une petite pompe à béton n'avaient pas donné de résultats satisfaisants. Par équipe de 3 hommes, on pouvait mettre en place 1,5 m^3 de béton par jour au maximum, ce qui correspond à un rendement journalier de 10 à 15 m^2 de surface rebétonnée.

Le *coût de la rénovation* s'est élevé à fr. 800 000.– (sans l'échaffaudage), soit fr. 470.–/m^2 tout compris; la part du seul rebétonnage des façades (y compris repiquage et nettoyage à haute pression, mais sans mesures spéciales aux raccordements, brèches, etc.) s'est monté à fr. 260.–/m^2.

Fig. 4 Enlèvement du béton endommagé au moyen d'eau à haute pression.

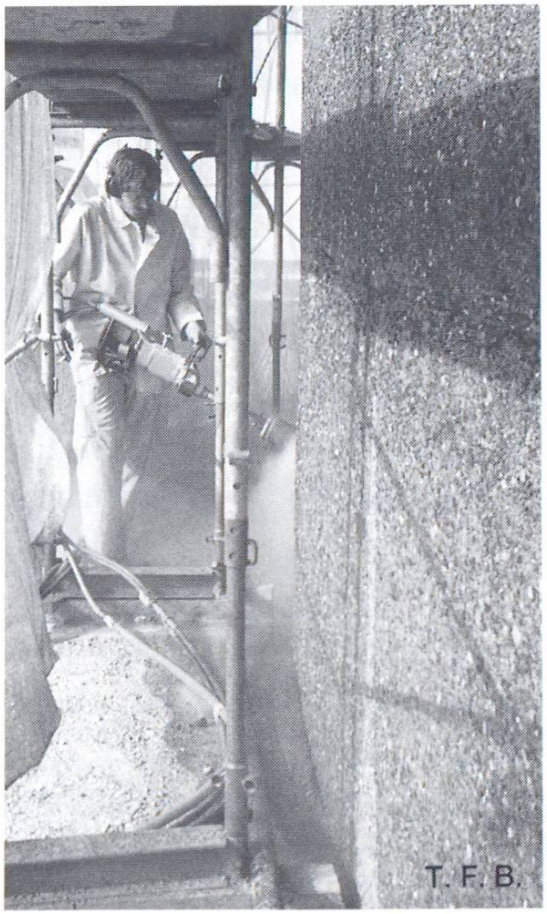


Fig. 5 Repiquage du béton.

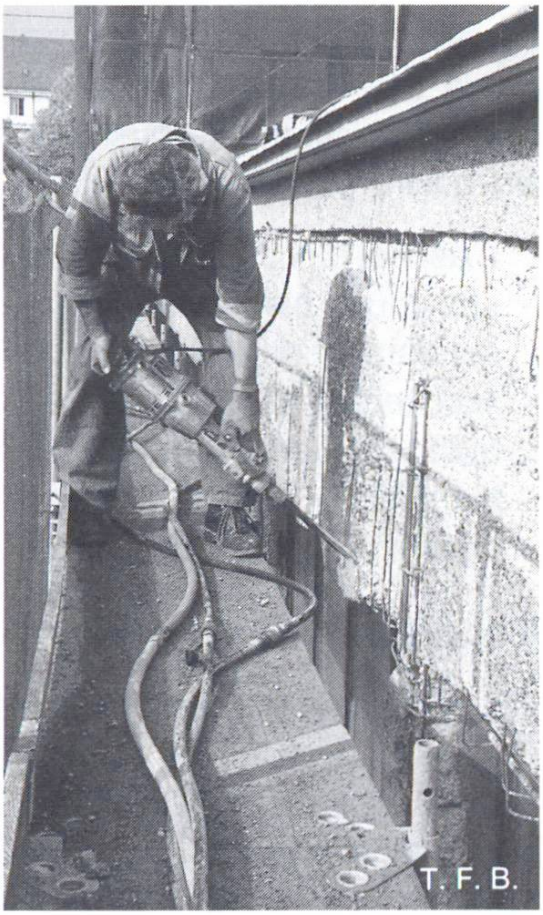


Fig. 6 Pilier prêt à être coffré.

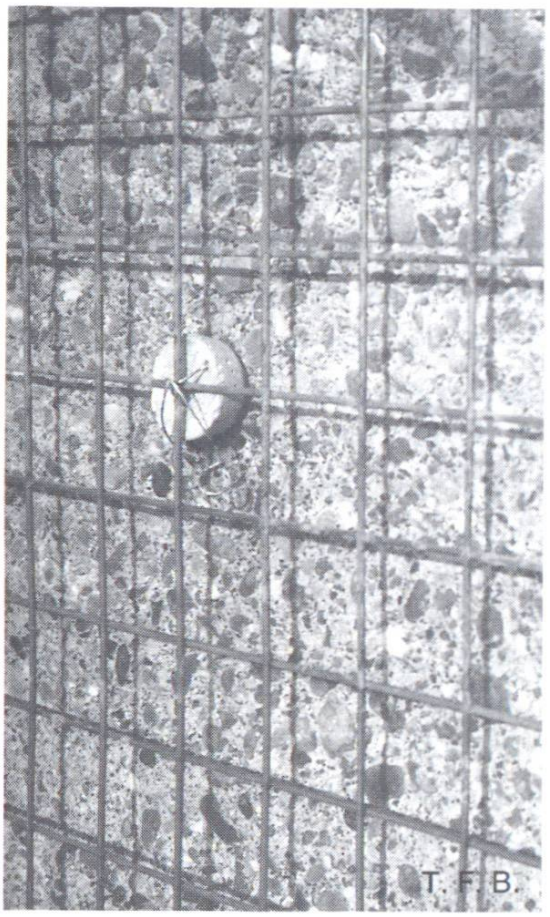
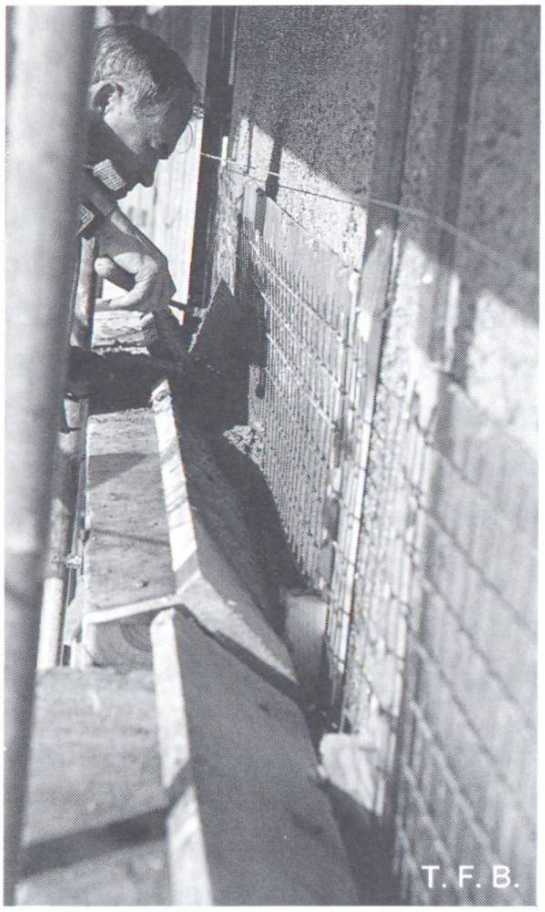


Fig. 7 Treillis d'armature du béton de plaquage.

Fig. 8 Béton transvasé de la caisse à mortier au bidon puis au coffrage.

Fig. 9 Mise en place du béton et vibration à l'aiguille.



Perspectives

Contrôles de la construction: La façade rénovée devra être examinée tous les cinq ans et son état fera l'objet d'un rapport écrit (examen visuel de la surface, auscultation au marteau des endroits suspects, détermination de la force d'adhérence entre vieux et nouveau béton à l'aide de carottes prélevées).

Enseignements et conséquences:

- Pour faire un diagnostic de l'état d'un ouvrage, il faut prélever des échantillons en des emplacements différents aussi nombreux que possible.
- Une étude consciencieuse et complète est certes coûteuse et sa contrevaleur n'apparaît pas d'emblée; mais en définitive elle permettra de faire des économies de temps et d'argent.
- Le mode de rénovation décrit ici ne se justifie que pour des bâtiments ayant une réelle valeur architecturale et dont l'isolation thermique est satisfaisante. Une telle rénovation ne peut réussir que si le travail est fait avec un soin tout particulier, aussi bien au bureau que sur le chantier.

Tous les participants, architectes, ingénieurs et entrepreneurs sont convaincus que, compte tenu des connaissances actuelles, ils peuvent remettre au maître de l'ouvrage un bâtiment qui remplira son rôle pendant une fois encore 50 ans au moins. Ils sont heureux que, grâce à l'étude minutieuse des détails de la façade, les qualités architecturales de l'ouvrage soient conservées.

Hermann Eppler et *Walter Erne*

Participants

Maître de l'ouvrage:	Services industriels de la ville de Baden
Architectes:	Hermann Eppler & Luca Maraini, architectes diplômés FAS/SIA (collaborateurs: Emanuel Schoop, Jost Zumbach), Baden
Direction locale des travaux:	Max Geissberger, Elfingen
Ingénieurs:	Meyer + Senn + Erne, ingénieurs civils, Baden
Essais de béton:	LPM AG, Laboratoire pour Préparation et Méthodologie, Beinwil am See
Entreprise:	Communauté de travail Zen Ruffinen & Co AG / Mäder AG, Baden

Photos et dessins: Eppler & Maraini; M. Geissberger.

TFB

Pour tous autres renseignements s'adresser au
SERVICE DE RECHERCHES ET CONSEILS TECHNIQUES
DE L'INDUSTRIE SUISSE DU CIMENT WILDEGG/SUISSE
5103 Wildegg Case postale Téléphone 064 53 17 71