

Facteurs de risque à prendre en considération lors du choix d'un crépi

Autor(en): **Furlan, Vinicio / Kohler, Niklaus**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Ingénieurs et architectes suisses**

Band (Jahr): **110 (1984)**

Heft 14

PDF erstellt am: **27.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-75333>

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.

Facteurs de risque à prendre en considération lors du choix d'un crépi

par Vinicio Furlan et Niklaus Kohler

1. Introduction

Le crépi reste sans doute le type de revêtement extérieur le plus utilisé dans l'architecture courante en Suisse. Comme tous les revêtements extérieurs, il est soumis à un grand nombre de sollicitations. La pollution atmosphérique, le rythme de construction de plus en plus soutenu, les exigences accrues en matière d'isolation thermique sont, parmi d'autres, des facteurs qui, aujourd'hui, ont tendance à accroître les sollicitations. Parallèlement, les techniques d'application ainsi que la composition des revêtements sont en constante évolution.

Dans ce contexte, il n'est pas surprenant que les dégâts se multiplient et atteignent parfois une ampleur considérable créant, chez les professionnels, un certain malaise.

Le choix des crépis n'est alors plus guidé par la connaissance des propriétés des différents matériaux et par la compréhension des phénomènes inhérents aux revêtements extérieurs mais résulte le plus souvent d'a priori. Le but de cet article est d'identifier les principaux facteurs de risque et de montrer lesquels parmi ces facteurs ont une incidence déterminante sur la durabilité de tel ou tel type de crépi.

2. La fonction des revêtements extérieurs

Les deux fonctions principales d'un revêtement sont :

- protéger le mur contre les agents extérieurs ;
- donner l'aspect esthétique voulu (planéité, texture, couleur).

Ces fonctions sont remplies par l'ensemble du revêtement. Chaque couche remplit une ou les deux fonctions principales, ainsi que des fonctions secondaires. Parmi ces fonctions secondaires on peut distinguer :

- l'amélioration de l'adhérence au support ou entre deux couches ;
- la protection d'une autre couche contre la pluie, les rayons ultraviolets, les chocs mécaniques, etc.

Parmi l'ensemble des revêtements extérieurs, nous n'aborderons que les crépis et les enduits. Ces deux termes, souvent utilisés comme synonymes, peuvent à notre avis être définis de la manière suivante :

- **crépi** : ensemble du revêtement mural formé d'une ou plusieurs couches de mortier atteignant en moyenne une épaisseur de 20 mm environ ;
- **enduit** : revêtement de faible épaisseur, formé généralement d'une ou deux couches d'un micromortier ou d'une dispersion à base de liant.

De plus, crépis et enduits peuvent être classés selon le type de liant utilisé pour les différentes couches (voir tabl. I).

3. Description des différents types de crépis et d'enduits

3.1 Crépis à la chaux

Réalisés avec des mortiers à base essentiellement de chaux hydratée, ces crépis sont analogues aux crépis anciens utilisés pour toutes les constructions jusqu'à la fin du siècle dernier.

Remplacés peu à peu, et parfois à tort, par les crépis « modernes » à base de liants hydrauliques, les crépis à la chaux sont parfaitement justifiés dans le cadre de la conservation et de la restauration des bâtiments anciens non seulement pour des raisons historiques et esthétiques (sauvegarde de l'image du passé), mais aussi technologiques.

Lorsque les conditions de crépissage sont défavorables, on ajoute aux mortiers de chaux des quantités modérées de ciment portland ou d'autres liants hydrauliques.

Après carbonatation le crépi à la chaux est stable à l'eau. S'il a été réalisé correctement, il offre une bonne résistance au passage de l'eau ; cette résistance peut encore être améliorée avec l'application de badigeons. L'eau qui franchirait ce crépi après une longue période de pluie est rapidement restituée. Le crépi à la chaux est très perméable à la vapeur d'eau et peu sensible aux variations de l'humidité relative de l'air. Par sa grande déformabilité, il supporte bien les contraintes d'origine thermique. Sa faible adhérence sur les maçonneries de pierres compactes et particulièrement lisses peut être améliorée par un faible ajout de ciment portland. Sa résistance mécanique ainsi que sa tenue sur les façades très exposées aux intempéries peuvent aussi être améliorées par des adjonctions de matières pouzzolaniques (trass, pouzzolane...) ou du tuileau (granulats de tuiles ou briques de terre cuite).

3.2 Crépis à trois couches avec liants minéraux

Ces crépis, appelés « traditionnels », ont été développés à partir de la fin du XIX^e siècle, suite à la généralisation de l'utilisation du ciment portland. Ils sont constitués de trois ou quatre couches.

La première, appelée couche grasse, ou couche d'accrochage, a une épaisseur de 3 à 5 mm. La deuxième, la couche de fond, constitue la base du crépi ; elle a une épaisseur de 20 mm. La troisième, la couche de finition, peut prendre des formes assez diverses, selon l'aspect extérieur qu'on veut obtenir ; elle est en général à base de liants minéraux (chaux blanche et ciment portland).

Ces crépis peuvent en outre recevoir soit une couche de peinture minérale (à la chaux par exemple), soit une dispersion avec liant polymérique. Ce type de revêtement utilisé depuis bientôt cent ans a

couche	fonction	CREPI 3 couches avec finition			ENDUIT 2 couches avec finition		CREPI isolant 3 couches
		chaux	minérale	synthétique	minérale	synthétique	
d'accrochage	accrochage au support et barrière à l'eau	CP+CP	CP ²	-	CP+CH ¹	-	CP ¹
	accrochage au support	-	-	CP ²		-	-
de fond	égalisation frein à l'avance de l'eau	CB+CP	CP+CH ²		CP+CH ¹	CP+CH ¹	CP+CH ¹ + agrégat isolant
de finition	protection extérieure aspect	CB	CP+CB ²	-	CP+CH ¹	-	CP+CH ¹
	protection aspect et barrière à l'eau	-	-	RS ¹	-	RS ¹	-

légende :

1 ces matériaux sont TOUJOURS prémélangés
 2 ces matériaux PEUVENT ÊTRE LIVRES prémélangés
 CB chaux hydratée
 CP ciment portland
 CH chaux hydraulique
 RS résine synthétique (polymère)

TABLEAU I. Classification des divers types de crépis et enduits en fonction de la nature des liants des différentes couches.

TYPE de MATÉRIAU	de MAÇONNERIE	1ère couche ou COUCHE GRASSE		2ème couche ou COUCHE de FOND		3ème couche ou COUCHE de FINITION	
		dosage kg/m ³	épaisseur mm	dosage kg/m ³	épaisseur mm	dosage kg/m ³	épaisseur mm
durs et peu déformables	briques terre cuite ou plots de ciment	CP 600-800	3-5	CH 300-350 CP 50-80	15-20	CB 300-350 CP 80-150	3
"tendres" et déformables	agglomérés de bois	CH 400 CP 200	5	CH 300 CP 25	15-20	CB 300 CP 50	3
	mortier expansé	CP 350 CH 100	3-5	CH 200 CP 125	15-20	CB 300-350 100-150	3-5
"pierres" "tendres"	molasse	CH 450	3	CPB 75 CB 300	15	CPB 50 CB 250	3
CP = ciment portland		CH = chaux hydraulique					
CPB = ciment portland blanc		CB = chaux blanche hydratée					

TABLEAU II. Exemples de compositions des crépis à trois couches.

Note : Afin de diminuer les risques d'une composition incorrecte sur le chantier, par manque de main-d'œuvre qualifiée par exemple, certains fabricants de matériaux offrent des mélanges de bonne qualité pour les différentes couches pouvant être livrés en sac ou en vrac pour l'entreposage en silo. D'après les promoteurs, cette solution serait plus avantageuse que la composition sur chantier tout en donnant des garanties de qualité supérieure.

fait ses preuves. Bien exécuté, il a une durée de vie élevée et peut être réparé et entretenu facilement.

Dans le cas des crépis traditionnels à trois couches, le dosage en liant « fort » diminue de l'intérieur vers l'extérieur. Si les couches sont correctement appliquées, le retrait et la fissuration diminueront également de l'intérieur vers l'extérieur. Un tel système comporte toujours des fissures et n'est jamais entièrement étanche. La progression de l'eau est seulement ralentie jusqu'au moment où les conditions climatiques permettront de nouveau à cette eau d'être évacuée par capillarité et évaporée vers l'extérieur.

Ce sont ces caractéristiques, fissuration à l'état de service et absence de véritables barrières au passage de l'eau, qui expliquent la fiabilité extraordinaire de ce type de crépi, même sur des supports fissurés et dans des situations fortement exposées aux intempéries. Il faut toutefois veiller à ce que la couche d'accrochage ne soit pas trop épaisse ni excessivement dosée en liant.

Le remplacement de la couche de finition minérale par une couche de finition à base de liant polymérique (qui est étanche à l'eau) augmentera la résistance à la pénétration d'eau de pluie mais diminuera la fiabilité du système, car l'eau de pluie qui aura pénétré dans la couche de fond ne pourra que très lentement être évacuée vers l'extérieur.

Ces crépis font l'objet de plusieurs normes et recommandations [1], [2], [3]¹. Des exemples de compositions de crépis à trois couches pour différents supports sont reportés sur le tableau II.

3.3 Enduits à deux couches

Ces enduits, développés pendant les années 60 et utilisés largement depuis

une dizaine d'années, ont tendance à remplacer les crépis traditionnels à trois couches. Ils se distinguent essentiellement par le fait que le matériau arrive sur le chantier sous forme prémélangée et que leur application est facile et rapide. Ce sont donc presque uniquement des exigences d'augmentation de productivité qui ont favorisé leur introduction (voir restrictions au chap. 4.2).

On distingue plusieurs variantes selon le type de finition. Elles ont en commun une couche de fond unique qui remplace les couches d'accrochage et de fond des crépis à trois couches. Cette couche de fond est constituée d'un mortier prémélangé à base de liants hydrauliques avec des adjuvants ou des additifs polymériques. L'épaisseur de cette couche est d'environ 10 mm. Sa fonction principale est d'assurer l'adhésion entre le mur et la couche de finition et d'égaler les irrégularités de la maçonnerie. Selon le type, la couche de finition doit également contribuer à l'étanchéité de l'enduit.

La couche de finition peut être constituée soit par un mortier prémélangé à base de liants hydrauliques et de chaux hydratée, amélioré ou non avec des additifs polymériques, soit par une dispersion à base de polymères avec des charges minérales, des pigments et des additifs divers. L'épaisseur de la couche de finition varie entre 2 et 4 mm.

Les mortiers, prémélangés, utilisés aussi bien pour les couches de fond que pour les couches de finition, sont en général composés d'un liant minéral (CP + CH), de sable avec une granulométrie bien étudiée et de divers adjuvants dont la fonction principale consiste à limiter la quantité d'eau de gâchage tout en obtenant une bonne ouvrabilité. Il s'agit essentiellement de rétenteurs d'eau ou de plastifiants. Correctement appliqués, ces mortiers ont très peu de retrait et une bonne résistance mécanique.

Les couches de finition à base de liants polymériques sont constituées le plus souvent d'une dispersion aqueuse de résines vinyliques ou acryliques ou de copolymères vinyliques [4], [5], [6]. La résine, dissoute dans des solvants, est dispersée dans l'eau sous forme de minuscules gouttelettes. La charge minérale se compose, en général, de granulats de marbre, de silicates, de perlite, etc. et de farine minérale (quartz, craie, kaolin, talc, etc.).

Parmi les adjuvants, mentionnons les régulateurs de pH, les stabilisants, les fongicides, les agents antiélectrostatiques, etc.

Le support est préalablement traité avec des produits qui remplissent le rôle de primer sous l'appellation :

- *fond isolant* servant à isoler des supports normalement absorbants (régulation de l'absorption);
- *fond pénétrant* servant à isoler des supports très absorbants;
- *produits de consolidation* pour consolider des supports ayant une faible cohésion.

3.4 Crépis isolants

Les crépis isolants sont composés de trois couches :

- *la couche d'accrochage* est à base de ciment portland avec une épaisseur de 3 à 5 mm;
- *la couche isolante* est composée de billes de polystyrène expansé ou de billes minérales expansées avec un liant hydraulique; épaisseur 1 à 10 cm, selon l'isolation désirée; elle est appliquée en plusieurs fois; la conductivité thermique de ce matériau varie entre 0,06 à 0,1 W/m K;
- *la couche de finition* est constituée par un mortier à base de liants minéraux amélioré ou non avec des additifs polymériques, livré en général prémélangé; épaisseur 2 à 3 mm.

La couche d'accrochage et la couche de finition remplissent le même rôle que dans les crépis traditionnels à trois couches.

La couche de fond, par sa composition, remplit le rôle d'isolant thermique. En plus, elle rattrape les inégalités du support et oppose une certaine résistance au passage de l'eau.

Les crépis isolants sont appliqués depuis quelques années. Leur durée de vie doit être comparée à la durée de vie des autres systèmes d'isolation extérieure compacte (avec des plaques de PS expansé ou des plaques de laine de verre recouvertes d'un enduit mince) [7]. Il s'agit toutefois de solutions nécessitant une étude approfondie; l'épaisseur ne devrait pas excéder 8 cm (attention à la possibilité d'accumulation d'eau dans l'épaisseur de tout le système d'isolation périphérique!).

¹ Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie en fin d'article.

TYPE DE REVETEMENT CRITERES	CREPI classique 3 couches		ENDUIT	
	mélangées sur chantier	prémélangées	2 couches minérales prémélangées	avec finition synthétique
temps d'application total en semaines	4	4	2	2
application à la machine	possible	oui	oui	oui
qualification nécessaire de la main-d'oeuvre	élevée	moyenne	moyenne	moyenne
prix	100%	80%	70%	70%
durée de vie * estimée en années	40-60	40-60	20-30	15-25
* durée de vie pour une application correcte et sans risques particuliers : par exemple risques élevés de fissuration les nettoyages ou les réfections à cause de l'encrassement dû à un environnement particulièrement pollué ne sont pas pris en considération				

TABLEAU III. Comparaison des divers crépis et enduits en relation avec la mise en œuvre, le prix et la durée de vie.

4. Critères de choix d'un crépi ou d'un enduit

Très schématiquement on admet que le choix d'un crépi ou d'un enduit est basé sur les trois critères suivants:

- aspect;
- coût;
- durabilité.

Implicitement, chacun de ces trois critères, et surtout celui de la durabilité ou

durée de vie du revêtement, dépend de nombreux facteurs en relation avec:

- le genre de construction (structures porteuses, nature des matériaux, types de raccords et détails constructifs divers, vitesse de construction, etc.);
- l'environnement (climat, pollution, orientation, etc.);
- les conditions de mise en œuvre (saison, temps d'application, qualification de la main-d'œuvre, etc.).

4.1 Aspect et coût

La composition de la couche de finition et le mode d'application permettent d'obtenir une grande variété d'aspect avec tous les types de crépis et d'enduits; au besoin, l'aspect peut être ultérieurement modifié avec l'application d'une peinture.

Les variations de coût peuvent être estimées à environ 50% de plus-value pour la solution la plus chère (crépi classique à trois couches) par rapport à la plus économique (enduit à deux couches).

La part du coût des crépis et enduits extérieurs est en moyenne de 3,2% du coût total de la construction (indice des prix de construction zurichois).

Le coût de l'application dépend surtout de la rapidité et de la facilité de mise en œuvre ainsi que de l'utilisation ou non des matériaux prémélangés. Le tableau II donne une comparaison sommaire des divers types de crépis et d'enduits en relation avec la mise en œuvre et le coût; dans l'évaluation de ce dernier il n'est pas tenu compte de la durée de vie estimée du revêtement.

En réalité, la durée de vie étant fonction de la probabilité de dégâts, le choix d'un système bon marché mais inapproprié pour un support donné, peut se révéler rapidement une fausse économie.

Remarque: Dans la comparaison nous n'avons pas considéré les cas particuliers des crépis à la chaux destinés normalement aux bâtiments à caractère historique ni des crépis isolants qui remplissent encore d'autres fonctions.

	FACTEUR	CONTRAINTE → DÉGAT	FACTEUR DE RISQUE POUR			
			crépi 3 couches		enduit 2 couches finition minérale synthétique	
			chaux	CP + CH	minérale	synthétique
CLIMAT environnement	exposition S, SW, W pluie battante pollution atmosphérique	sollicitations thermiques → fissures infiltrations d'eau → gonflements, gel attaques chimiques → destruction superficielle encrassement → changement d'aspect	x x		x	x
FORME DU BATIMENT	hauteur (> 10-15 m) surfaces continues (> 60 m ²) absence d'avant-toit et renvois d'eau	pression du vent → pénétration de l'eau de pluie contraintes → fissures ruissellement → infiltrations d'eau	x x		x x	x x
STRUCTURE PORTEUSE	murs porteurs extérieurs tête de dalle en façade discontinuité (différents matériaux, porteurs-non porteurs) mauvais terrains	mouvements → fissures mouvements → fissures mouvements → fissures tassements → fissures			x x x	x x x
SUPPORT	plots de ciment/béton briques bétons cellulaires ancien crépi	efflorescences → taches, destruction par cristallisation si le crépi est trop étanche → rupture par gel manque d'adhérence → décollement manque d'adhérence → décollement (support friable)	x x	x x x x	x x x	x x x

TABLEAU IV. Principaux facteurs de risques pour différents types d'enduits et de crépis. Les dégâts résultent en général de la combinaison de plusieurs facteurs.

4.2 Durabilité

L'analyse de nombreux cas de désordre nous a montré que certains facteurs constituent systématiquement un risque élevé de dégâts. Par conséquent, ces facteurs ont une très forte incidence sur la durée de vie des crépis et enduits [8]. Le tableau IV donne un aperçu de ces facteurs dont il faut tout spécialement tenir compte lors du choix du type de revêtement.

Ainsi l'absence d'avant-toits et de renvois d'eau sur les façades fortement exposées à la pluie constituent un certain risque de dégâts pour tous les types de crépis et d'enduits. Les enduits minces à deux couches sont plus sensibles aux facteurs climatiques; les grandes surfaces continues et la hauteur des façades augmentent cette sensibilité. Les structures à haut risque de fissuration constituent pour ce type d'enduits, et surtout pour ceux avec couche de finition synthétique, le danger de dégâts le plus grave: la pénétration de l'eau de ruissellement par les fissures et la stagnation de cette eau dans la couche de fond déclenchent un mécanisme de destruction (cloquage, décollement) rapide.

Il faut en particulier être conscient que le choix d'un mur porteur à l'extérieur avec tous les détails constructifs que cela comporte (tête de dalle, toiture, encadrement des fenêtres, etc.) est en soi un facteur de risque.

L'eau étant le principal facteur de destruction, sur la figure 1 nous avons schématisé le comportement vis-à-vis de l'eau de trois revêtements typiques:

- un crépi à la chaux (1);
- un crépi classique (2);
- un enduit moderne à deux couches avec finition synthétique (3).

En ce qui concerne les crépis à la chaux, la perméabilité à l'eau de pluie est relativement élevée. Cette eau, qui traverse le crépi, est cependant restituée très rapidement. C'est seulement en cas de saturation du crépi, par exemple par des remon-

tées capillaires, qu'il peut y avoir destruction rapide par le gel vu la faible cohésion des mortiers à la chaux.

Le crépi minéral à trois couches est moins perméable que le crépi à la chaux mais restitue facilement les quantités d'eau de pluie qui le traversent. Par contre, de l'eau accumulée derrière la couche d'accrochage (par remontée capillaire, par infiltration à travers des fissures, par condensation, etc.) peut être bloquée par la couche d'accrochage qui agit comme un écran imperméable si cette couche est trop dosée en liant ou trop épaisse. En cas de gel, ces défauts risquent de provoquer des dégâts (rupture des matériaux à proximité de l'interface avec le revêtement ou décollement du revêtement lui-même). Dans un tel cas il ne s'agit pas d'un défaut du matériau de structure mais d'un défaut du crépi. Le cas échéant, il vaut mieux opter pour une perméabilité à l'eau de pluie un peu plus élevée que courir le risque de destruction du matériau de structure par le gel.

Les enduits à deux couches avec finition minérale se comportent comme les crépis traditionnels à trois couches. Par leur faible épaisseur ils peuvent cependant atteindre plus rapidement un point de saturation et laisser passer de l'eau vers l'intérieur du mur. Leur durabilité diminue alors considérablement.

Dans le cas des enduits à deux couches avec finition synthétique, la zone de risque se situe dans la couche de fond. En l'absence de fissures, ce système est quasiment étanche à l'eau de pluie et ne comporte pas de risque. Dès qu'il y a fissuration de la couche de finition, il peut y avoir une accumulation d'eau par infiltration. Cette eau peut amener à une destruction rapide de la liaison entre la couche de fond et la couche de finition aussi bien par le gel que par des pressions de vapeur (décollement, cloques, etc.). Des défauts d'application de la couche de fond, par exemple en deux mains dont la deuxième très mince, accélèrent la destruction.

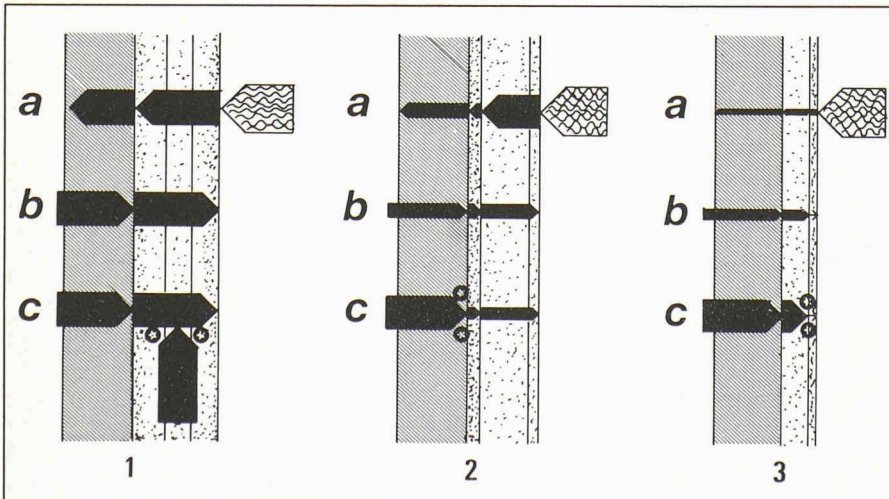


Fig. 1. — Transport d'eau et zones de risque: a) pénétration d'eau de pluie; b) restitution des quantités d'eau ayant traversé le revêtement; c) restitution d'eau accumulée dans le support ou le crépi et zones de risques; 1 = crépi à la chaux; 2 = crépi traditionnel; 3 = enduit à deux couches avec finition synthétique.

Références

- [1] SIA 242, *Crépissages et travaux de plâtrerie*, 1978.
- [2] DIN 18350, *Putz und Stuckarbeiten*, 1974.
- [3] EMPA, *Recommandation du Laboratoire fédéral d'essai des matériaux pour l'exécution des crépissages*.
- [4] VIGIER J., *Les enduits de parements plastiques*, Cahiers du CSTB, n° 1403, novembre 1976.
- [5] LUCAS T., *Les enduits de façade à base de polymères*, Chroniques du CATEP, «Le Bâtiment - Bâtir», n° 9/1975.
- [6] CRESSON R., *Tenue de revêtements plastiques épais exposés aux intempéries*, Annales de l'Institut technique du bâtiment et des travaux publics, n° 368, janvier 1979.
- [7] *Programme d'impulsion de l'Office fédéral des questions conjoncturelles, essais comparatifs sur les crépis isolants*, Berne, 1984.
- [8] Chroniques du LMP, EPFL-LMC (1979, 1980, 1981, 1982).

Le manque d'adhérence du crépi ou de l'enduit sur le support est un défaut rarement rencontré; il apparaît parfois sur des matériaux tendres, à bas module d'élasticité tels que les bétons cellulaires, si la composition des mortiers du revêtement n'est pas bien adaptée aux caractéristiques de tels supports.

5. Conclusions

Par leur fonction de protection, les crépis et les enduits doivent être considérés comme des «couches de sacrifice» soumises à des sollicitations diverses et donc vouées à un processus naturel et irréversible d'usure et de dégradation. Parmi les nombreux facteurs qui ont une incidence sur la durabilité ou l'espérance de vie d'un crépi ou d'un enduit, certains présentent un risque élevé de dégâts prématurés. Connaissant ces facteurs, on peut en diminuer l'influence par des mesures constructives et lorsque cela n'est pas possible on peut choisir le type de crépi ou d'enduit qui, par ses caractéristiques intrinsèques, est le moins sensible auxdits facteurs.

En ce qui concerne le coût, qu'il nous soit permis de dire que «le bon marché n'est pas forcément économique à long terme». Lors de la calculation des prix, l'espérance de vie du système, les problèmes d'entretien, les possibilités de réparation, etc., devraient faire l'objet d'une analyse plus approfondie.

Adresse des auteurs:

Vinicio Furlan
Laboratoire de conservation de la pierre
de l'Ecole polytechnique fédérale
de Lausanne
Chemin de Bellerive 32
1007 Lausanne
Niklaus Kohler
Laboratoire d'énergie solaire
de l'Ecole polytechnique fédérale
de Lausanne
1015 Lausanne-Ecublens