

PCI Geofug[®], un nouveau produit à base de technologie géopolymère

Joachim Riedmiller, Michael McIlhatton et Siegfried Zuern

- Résumé** Jusqu'à présent, chaque joint de carrelage dans les sanitaires servait de limite entre des surfaces carrelées généralement propres et souvent brillantes. Or les joints à base de ciment – les plus fréquemment utilisés – sont détériorés par l'usage permanent de détergents ménagers acides, les rendant friables et sales. Les joints fabriqués à partir de géopolymères résistent par contre à ces détergents et peuvent être formulés de manière à les rendre superhydrophobes : sur leur surface, l'eau forme un film ininterrompu ; de l'eau en excès peut ainsi se glisser sous la saleté et l'entraîner. Si la saleté tente de pénétrer, elle est retenue par le film d'eau et le joint reste propre très longtemps. Sur les surfaces classiques, les résidus organiques peuvent adhérer et la croissance bactérienne s'en suivre. Un composé à effet photocatalytique introduit au PCI Geofug[®] permet la destruction des dépôts par la lumière UV, le joint restant alors propre et hygiénique.
- Mots-clés** **Géopolymère, joints de carrelage, photocatalyse, superhydrophilie, carrelage, JIREC 2012, enseignement.**
- Abstract** **PCI Geofug[®]: a new product based on geopolymer technology**
Until now, every sanitary joint was an interruption between the clear and often shiny tile surface. Cementitious joints – the most frequently used – are damaged by the permanent use of acid household detergents resulting in becoming crumble and dirty. Geopolymer joints, however, are very resistant to the mentioned detergents and could be formulated to be superhydrophilic: if water hits the surface, it forms an endless water film. Excess water can thus wash under the dirt and remove it easily. If dirt tries to penetrate, it is blocked by the water and the joint stays clean for a long time. On normal surfaces, residues of organic material can adhere to them followed by the growth of bacteria. Integrating a photocatalytic effect to PCI Geofug[®], these deposits are destroyed by ultraviolet light, keeping the joint surface clean and hygienic.
- Keywords** **Geopolymer, sanitary joints, photocatalytic effect, superhydrophilily, tiling, JIREC 2012, teaching.**

Le joint, un point sensible

Les carreaux en céramique sont souvent utilisés dans tous les lieux où l'hygiène est primordiale (habitations privées, établissements industriels ou espaces publics) car leur surface est facile à nettoyer et résiste aux produits acides.



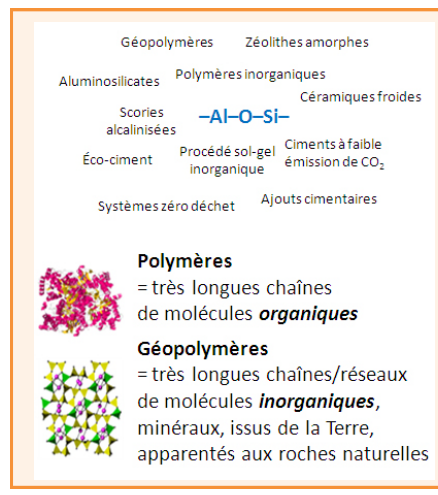
Figure 1 - Joints cimentaires de carrelage.

Cependant, dans la majorité des cas, les joints à base de ciment (*figure 1*) restent un point faible car souvent inesthétiques et conduisant à des frais de réhabilitation élevés. De nouveaux produits inorganiques à base de silicates d'aluminium, tels que ceux développés par BASF Construction Chemicals, permettent aujourd'hui de remédier à ces problèmes.

La technologie géopolymère

Ces nouveaux produits sont issus de la réaction entre des polyacides de silice et d'aluminium en milieu alcalin. Cette réaction s'apparente à la synthèse de polymères organiques, d'où l'appellation géopolymère donnée à ces produits (voir *encadré*). Dans ces enchaînements, chaque atome d'aluminium ou de silicium est entouré de quatre atomes d'oxygène (tétraèdres d' AlO_4 ou de SiO_4 , voir *figure 2*), d'où une étroite parenté avec la structure des roches naturelles [1].

Selon le rapport Si/Al, l'alcalinité et l'activation des matières premières, il est possible d'obtenir des structures tridimensionnelles qui conduisent à des matériaux d'excellente qualité. Duxson *et coll.* ont proposé un mécanisme général de la réaction en cinq étapes (*figure 3*) [2], mais le mécanisme précis de la synthèse géochimique conduisant à une structure macromoléculaire tridimensionnelle reste



Qu'est-ce qu'un géopolymère ?

Il y a beaucoup de mots pour caractériser les géopolymères selon les matières premières utilisées (« alkali activated slags »), les similarités (« cold ceramics ») ou les propriétés propagées (« low CO₂ cements »). Le nom *géopolymère* a été créé par le chimiste français Joseph Davidovits dans les années 1970 pour montrer les deux aspects : un matériau *inorganique* similaire aux minéraux dans les roches, et pouvant être caractérisé chimiquement comme un *polymère* – des chaînes ou des réseaux de molécules minérales sont liés par des liaisons covalentes. Les géopolymères, selon Davidovits, ont été développés dans la recherche de polymères inorganiques résistant à la chaleur et non combustibles, après de nombreux incendies favorisés par l'inflammabilité des matériaux plastiques en France entre 1970 et 1973.

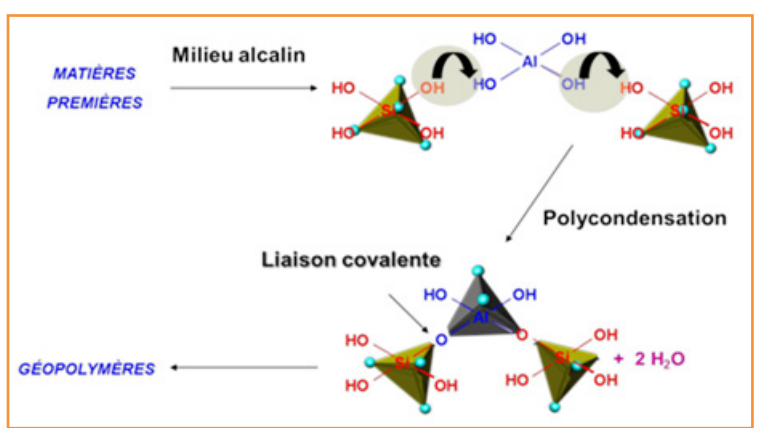


Figure 2 - Assemblage inorganique dans les géopolymères.

sa nature chimique, le géopolymère PCI Geofug[®] possède une morphologie amorphe qui permet la formation de surfaces plus homogènes que les joints à base de ciment et donc moins sensibles à l'encrassement.

La superhydrophilie : l'effet peciclean[®]

Contrairement à de nombreux matériaux étanches qui sont intrinsèquement hydrophobes, la surface des joints PCI Geofug[®] est superhydrophile en raison de la présence des fonctions OH à la surface. Ces fonctions permettent l'adsorption de nombreuses molécules d'eau qui s'opposent

dépendant des matières premières utilisées et n'est pas encore totalement élucidé [3]. Le plus souvent, on caractérise le constituant principal, à savoir le silicate alcalin, par son rapport SiO₂/Na₂O qui va déterminer le degré d'interconnexion et la vitesse de réaction.

Pourquoi un géopolymère pour un joint de carrelage ?

Comparativement aux joints cimentaires à base de silicates de calcium hydratés et d'hydrates de calcium qui présentent une surface rugueuse, sensible à l'encrassement et peu résistante aux acides, le joint quasi-céramique PCI Geofug[®] permet d'améliorer les propriétés globales en formant avec les carreaux de céramique une surface homogène et extrêmement résistante. En particulier, les structures amorphes des silicates d'aluminium, beaucoup plus résistantes à pH acide, apportent à ces joints une résistance marquée aux nettoyants ménagers.

Les propriétés du PCI Geofug[®]

Les propriétés antisalissures

Comme on peut le constater sur la figure 4, la nature cristalline des phases cimentaires conduit à la formation de surfaces poreuses propices à l'encrassement et au développement de micro-organismes comme les champignons, germes, moisissures qui peuvent alors s'y accrocher. De par

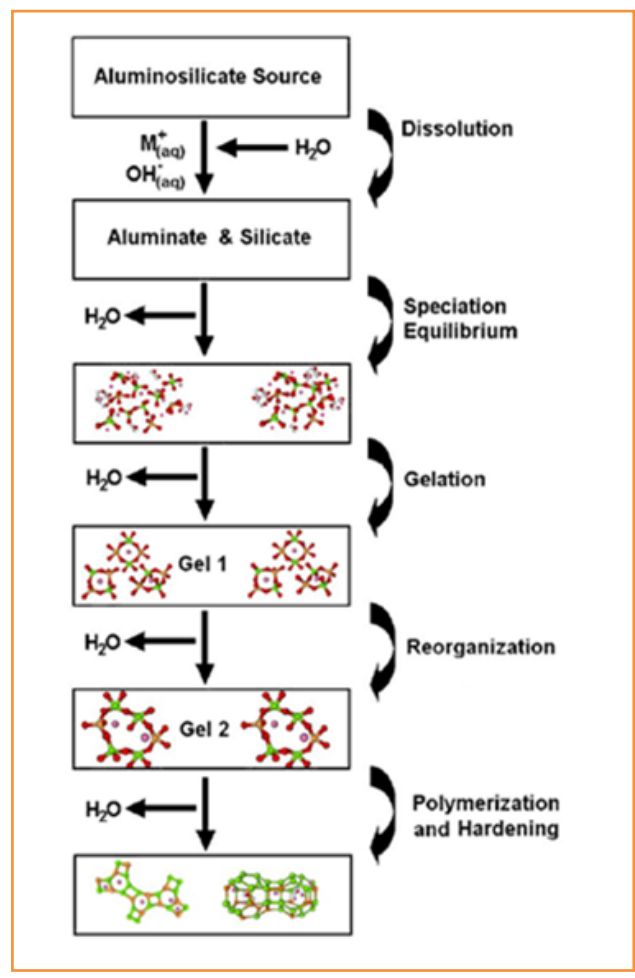


Figure 3 - Mécanisme de géopolymérisation selon Duxson et coll. [2].

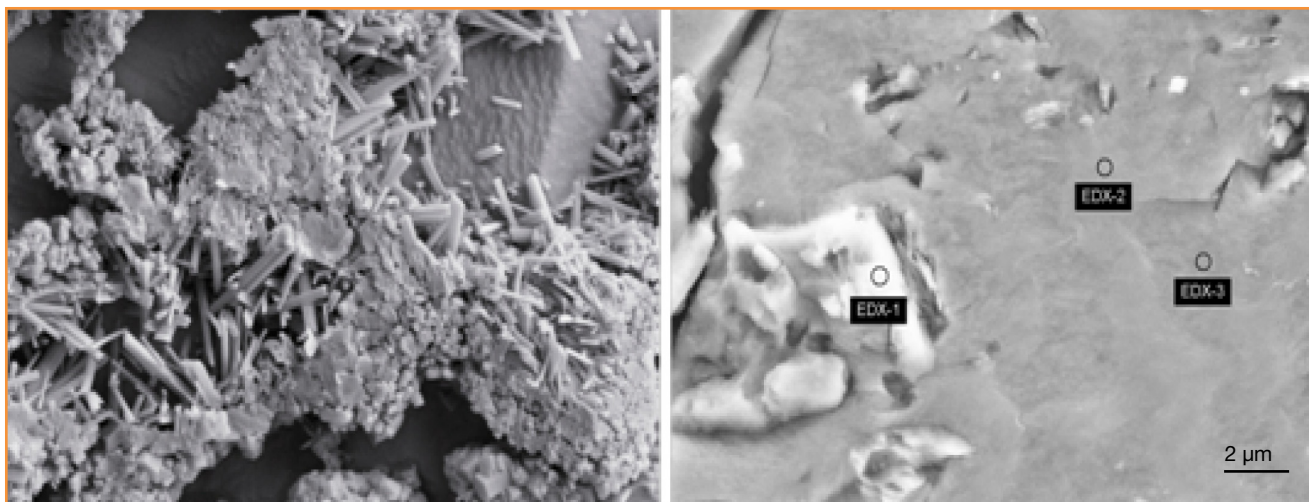


Figure 4 - Photographies prises au microscope électronique à balayage d'une matrice cimentaire (à gauche), faisant apparaître une structure cristalline en épingles, et d'une matrice géopolymère (à droite) avec une structure amorphe, vitreuse.



Figure 5 - Expérience de mouillage de surfaces hydrophobe et hydrophile par une goutte d'eau.

La photocatalyse

Parallèlement à cet effet *peciclean*[®], les joints de géopolymère présentent un avantage supplémentaire dans le domaine de la photocatalyse. En effet, les micro-résidus qui ne sont pas éliminés lors du nettoyage peuvent être détruits par l'effet photocatalytique apporté par le TiO₂ qui est intégré dans la formulation du géopolymère. Le dioxyde de titane est en effet un semi-conducteur qui peut être activé par les rayons ultraviolets. Dans ce cas,

l'adsorption d'un photon va provoquer l'émission d'un électron au niveau de la bande de conduction et la formation d'un trou sur la bande de valence. Cette paire électron-trou va permettre la formation de radicaux libres qui peuvent alors dégrader les résidus organiques, les bactéries et certains types

au dépôt de substances hydrophobes. L'angle de contact avec l'eau étant pratiquement nul avec la surface du joint PCI Geofug[®] (voir *figure 5*), l'eau va mouiller complètement la surface superhydrophile du joint, passer littéralement sous les salissures et les balayer instantanément (*figure 6*).

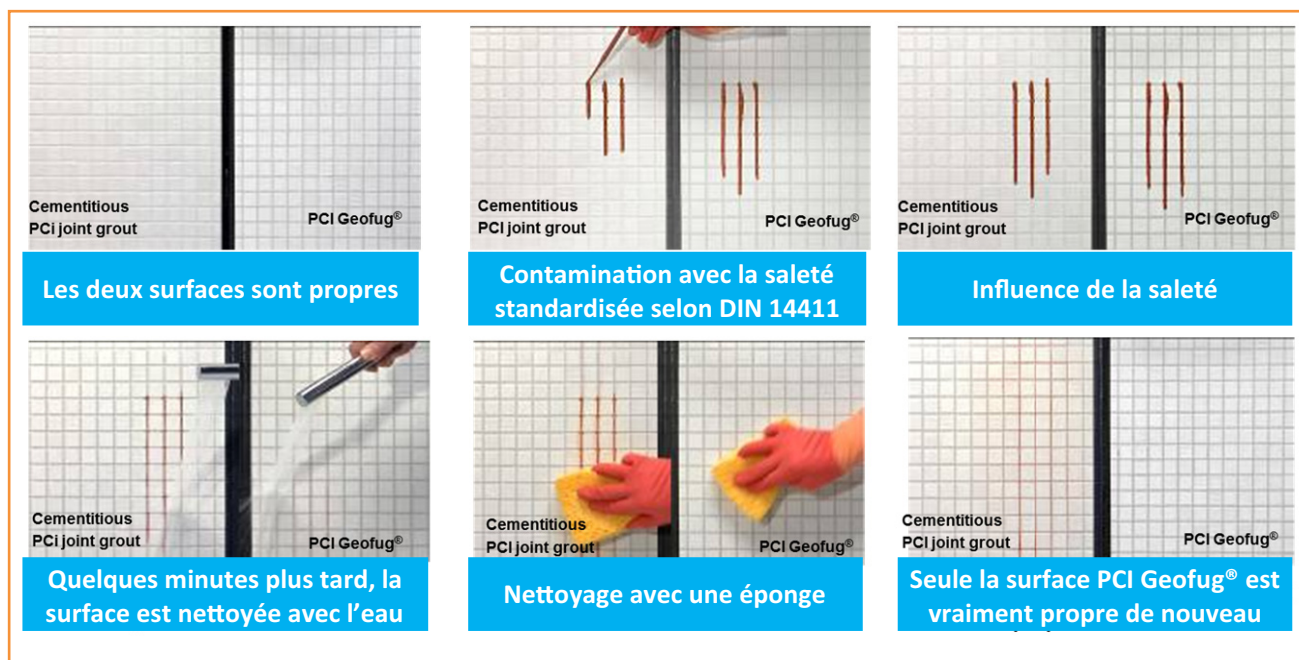


Figure 6 - Comparaison du nettoyage de surfaces carrelées possédant des joints à base de ciment ou de géopolymère PCI Geofug[®].

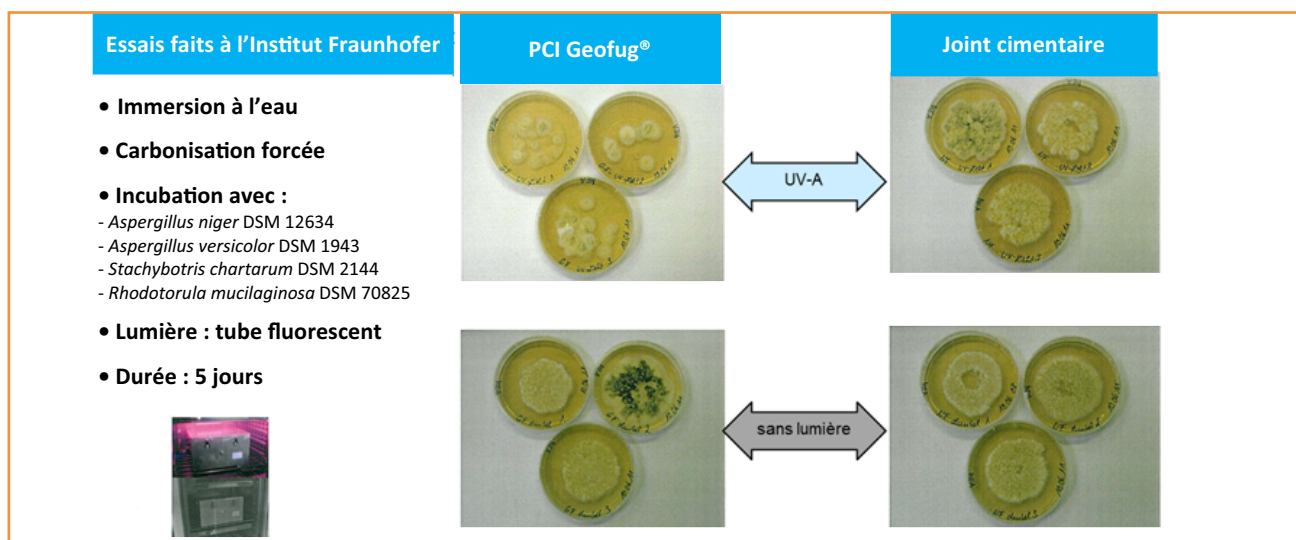


Figure 7 - Tests comparatifs de photocatalyse réalisés à l'Institut Fraunhofer.

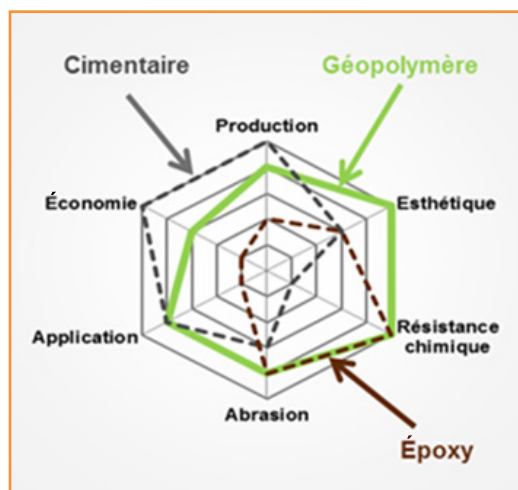


Figure 8 - Propriétés spécifiques des joints issus de différentes technologies.

de moisissure, conduisant ainsi à des surfaces hygiéniques. Comme la plupart des sources de rayonnement visibles possèdent une partie de rayons ultraviolets, cet effet fonctionne sous lumière naturelle ainsi que sous certaines sources de lumière artificielle.

Pour démontrer l'activité photocatalytique, des tests comparatifs ont été réalisés sur des joints cimentaires et des joints Geofug® en absence et en présence de lumière (figure 7). Les échantillons sont tout d'abord immergés dans l'eau pendant quelques heures pour éliminer tout le sel résiduel qui pourrait influencer les résultats, puis conditionnés en milieu acide. L'incubation est faite en utilisant des moisissures que l'on trouve habituellement dans les salles de bains. Les photos présentées à la figure 7 montrent bien que le joint PCI Geofug® réduit significativement la croissance de ces moisissures en présence de lumière. En absence d'éclairage, les moisissures prolifèrent comme sur les joints à base de ciment, avec ou sans lumière.

Conclusion : comment invente-t-on un produit de la chimie de construction ?

L'idée du développement est souvent inspirée par le marché, les produits disponibles ne répondant pas toujours

aux besoins exprimés par le client. Dans le domaine des joints céramiques, les besoins exprimés en termes de facilité de nettoyage et de durabilité, additionnés à d'autres demandes techniques et aux nouvelles normes, ont conduit à la création d'un nouveau profil de produit.

Jusqu'à présent, les deux technologies les plus utilisées à base de ciment ou de résines époxydes ne pouvaient satisfaire l'ensemble des besoins exprimés (figure 8). Les chercheurs de BASF ont travaillé pendant plusieurs années sur les géopolymères et ont montré que les joints utilisant cette technologie apportaient des solutions innovantes. Des essais physiques et d'application sur environ 300 formules différentes ont été réalisés pendant la phase de développement avant de faire des essais sur des chantiers. Les joints PCI Geofug® sont maintenant disponibles sur le marché.

Références

- [1] Davidovits J., Geopolymers: inorganic polymeric new materials, *J. Thermal Analysis*, **1991**, 37, p. 1633.
- [2] Duxson P., Fernández-Jiménez A., Provis J.L., Lukey G.C., Palomo A., van Deventer J.S.J., Geopolymer technology: The current state of the art, *J. Mater. Sci.*, **2007**, 42, p. 2917.
- [3] Provis J.L., Rees C., *Geopolymers: Structure, processing, properties and industrial applications*, J.L. Provis, J.S.J. van Deventer (eds), Woodhead Publishing, **2009**, p. 118-136.



J. Riedmiller



M. McIlhatton



S. Zuern

Joachim Riedmiller est responsable de laboratoire « joints de carrelage », **Michael McIlhatton**, développeur « joints géopolymères », et **Siegfried Zuern** (auteur correspondant), directeur de développement chez BASF Construction Chemicals Retail Europe*.

* BASF Construction Chemicals Retail Europe E-EBR, Piccardstr. 11, D-86159 Augsburg (Allemagne).
Courriels : joachim.riedmiller@basf.com ; michael.mcilhatton@basf.com ; siegfried.zuern@basf.com