

Connaissances fondamentales

La photocatalyse appliquée au béton

La photocatalyse est un phénomène naturel qui permet d'initier une réaction chimique sous l'action de la lumière. Pour dépolluer par exemple. Claude Stock, ingénieur électro-chimiste chez Neoformula Consulting & Développement* en explique le fonctionnement et les applications.

1 > Qu'est-ce que la photocatalyse ? Quel est son principe de fonctionnement ?

Le principe de la photocatalyse consiste à provoquer, sous l'action du rayonnement lumineux, la dégradation des matières organiques et, dans certaines conditions, les NO_x , les SO_x et certains gaz minéraux. L'action de la lumière (le rayonnement ultra-violet) provoque sur un photocatalyseur constitué d'un semi-conducteur (qui n'est pas dégradé) une excitation des électrons périphériques qui passent de la bande de valence à la bande de conduction en créant des paires électrons-trous, capables par réaction avec l'oxygène de l'air et l'humidité atmosphérique de former des radicaux et d'initier des réactions d'oxydation et de réduction (figure 1). Le photocatalyseur le plus utilisé est le dioxyde de titane (TiO_2), sous sa forme cristalline anatase.

Les principales applications sont aujourd'hui :

- la décomposition des polluants atmosphériques,
- l'antibactérien,
- la dépollution des surfaces,
- la dépollution de l'air intérieur (par exemple),
- l'auto-nettoyage des façades et des ouvrages d'art,
- la destruction des virus et bactéries en milieu hospitalier,
- la lutte contre les odeurs en bassins de rétention, stations d'épuration...
- la production d'eau potable dans les régions désertiques...

Pour le béton, les trois applications principales sont :

- l'auto-nettoyage (dégradation des taches, effet fongicide, algicide, bactéricide),
- la décomposition des COV (Composés organiques volatils) en intérieur comme en extérieur,
- la dégradation des NO_x .

2 > La photocatalyse appliquée au béton : avantages et limites d'utilisation

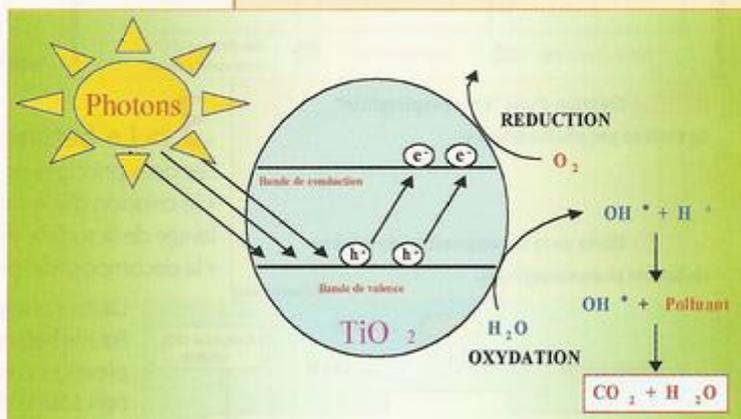
Les réactions engendrées par la photocatalyse se concentrant en surface, la solution consiste à créer une surface photocatalytique sur les ouvrages et pièces en béton. Deux types de procédés ont été développés :

- la réalisation de revêtements photocatalytiques minces sous forme de peintures, de lasures et de solutions pulvérisables ou applicables,
- l'incorporation de TiO_2 photocatalytique dans la masse du béton lors de son malaxage ou dans le ciment. Ce dernier procédé utilise une plus grande quantité de TiO_2 que les revêtements, pour une efficacité équivalente, car seul le TiO_2 qui se trouve près de la surface (quelques microns) est accessible à la lumière, donc disponible pour les réactions de dégradation.

Afin d'économiser du TiO_2 , des solutions sont proposées en préfabrication par l'application d'un coulis photocatalytique sur les surfaces des pièces (pavés, tuiles...) Paradoxalement, peu de producteurs développent des peintures photocatalytiques en extérieur, la solution du revêtement consistant à traiter les sols par pulvérisation ou à appliquer des lasures transparentes à la surface du béton.

De type nanoparticulaires, ces produits, pulvérulents ou en dispersion aqueuse, développent des surfaces spécifiques très importantes – entre 50 et 500 m^2/g – ce qui augmente l'efficacité du photocatalyseur.

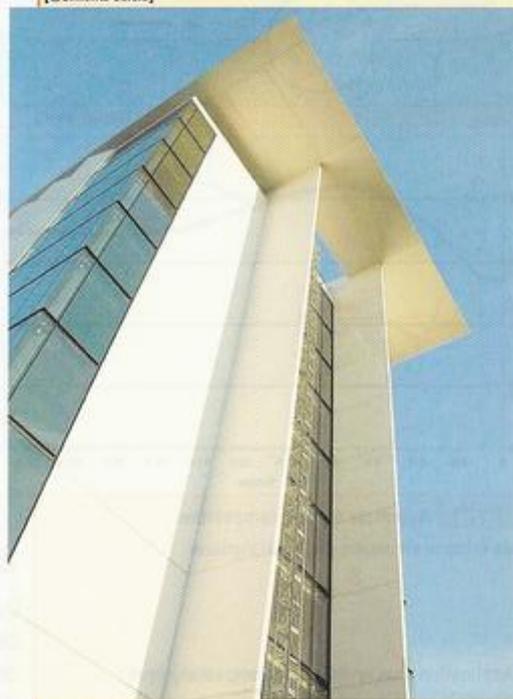
De ce fait, un débat a vu le jour, mettant en avant les risques liés à la santé. Ces problèmes sont aujourd'hui en grande partie maîtrisés de par la manière dont les produits sont utilisés (agglomérés ou intégrés au matériau final, réduisant ainsi le risque de dispersion de nanoparticules dans l'air). Mais des études de toxicologie et de mesures de concentration particulaire sont en cours afin de répondre aux questions de santé et de protection de l'utilisateur final.



[©Neoformula]

Figure 1 Principe d'action de la photocatalyse.

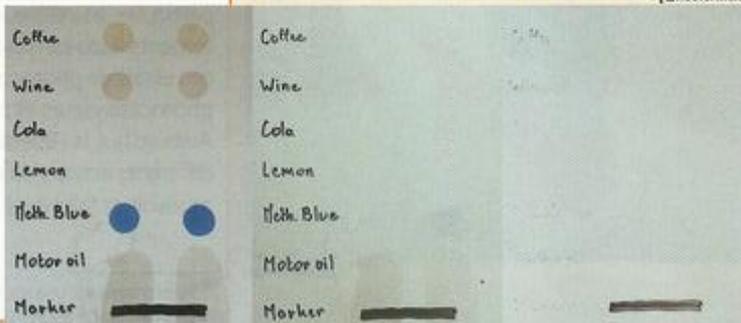
[©Ciments Calcia]



Exemple de bâtiment réalisé à l'aide d'un béton aux capacités photocatalytiques : tour Headlight à Labège (31). Dain Saladin, architecte.

Résultats d'auto-nettoyage sur béton avec revêtement photocatalytique en exposition extérieure.

[©Neoformula]



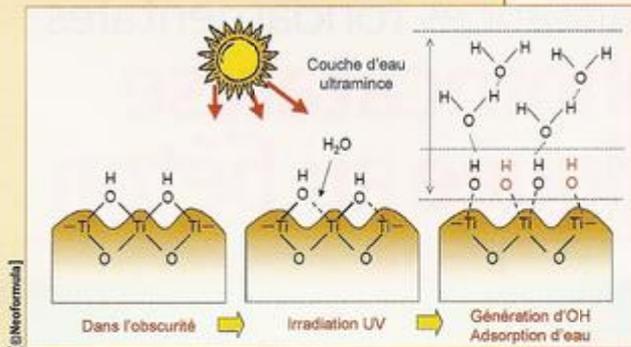
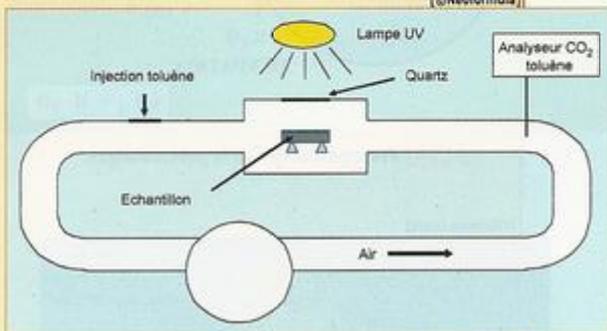


Figure 2 Création d'une "super-hydrophile" de surface par photocatalyse.

Figure 4 Etude de la décomposition de toluène en boucle photocatalytique.



[@Neoformula]

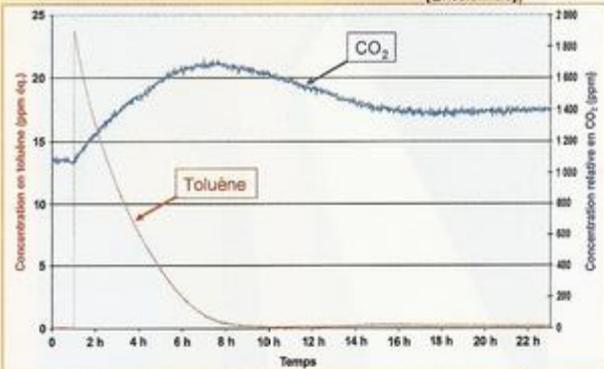


Figure 5 Résultats de la décomposition de toluène en boucle photocatalytique.

Application d'un revêtement photocatalytique sur panneaux acoustiques.



[@Neoformula]

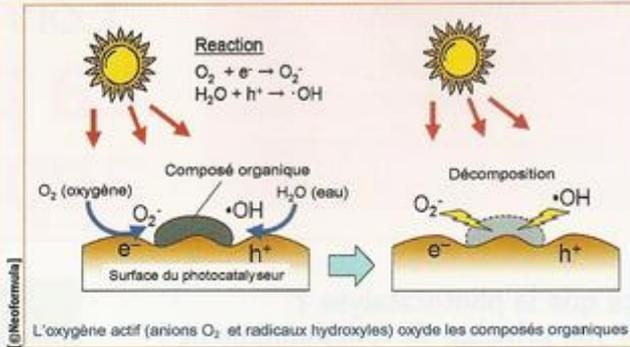


Figure 3 Décomposition des composés organiques par photocatalyse.

3 > Le béton : auto-nettoyance et dépollution

Les deux principes de fonctionnement de la photocatalyse sont :

- le création d'une surface super-hydrophile favorisant le ruissellement des eaux de pluie et le lavage de la surface (figure 2).
- la décomposition des polluants de surface par oxydation des matières organiques (figure 3).

L'auto-nettoyage des surfaces est d'autant plus efficace que les surfaces sont plus lisses. Pour le béton, qui peut présenter une porosité importante, des formulations souvent complexes et combinant plusieurs effets sont nécessaires. Comme, par exemple, l'imprégnation à l'aide d'un hydrofuge puis, le traitement à l'aide du revêtement photocatalytique. Concernant la dépollution de l'air, la décomposition des COV et la dégradation des NO_x et des SO_x constituent les deux cas à considérer. La décomposition des COV en eau et en CO₂ est adaptée à la dépollution de l'air extérieur et intérieur (figures 4 et 5). Mais nécessite la mise au point de matériaux pouvant être activés par le rayonnement visible pour les applications en l'intérieur. Dans ce dernier cas, la solution du béton et du revêtement photocatalytique est en concurrence avec des procédés plus classiques tels que les assainisseurs d'air dans lesquels des lampes UV irradient un support photocatalytique sur lequel on force le passage de l'air.

La diminution des concentrations en NO_x et SO_x, qui sont oxydés en nitrates et en sulfates, est intéressante surtout en extérieur, mais nécessite que de grandes surfaces horizontales et verticales soient traitées. Ceci, afin de favoriser le contact des gaz avec la surface et de permettre une dépollution efficace. D'autre part, le NO₂ se transforme spontanément en présence d'humidité et en milieu alcalin en nitrites et en nitrates rendant plus difficile la quantification des NO_x dégradés par photocatalyse. Les mécanismes de ces réactions ne sont pas encore aujourd'hui en totalité maîtrisés et dépendent des conditions ambiantes (circulation des gaz, contact avec le photocatalyseur, vitesse de passage). Chaque projet devient alors un cas d'espèce pour lequel il est nécessaire d'étudier l'aérodynamique du système et d'analyser les composés intermédiaires formés afin de mieux estimer la réaction de dégradation.

4 > Quel avenir pour la photocatalyse ?

Découverte dès 1929, la photocatalyse voit ses premières applications de laboratoire en France au début des années 70 puis, ses premières applications industrielles au Japon en 1990. Elle semble donc promue à un bel avenir. Aujourd'hui, le marché est estimé à environ 10 Md\$ au niveau mondial. Et se développe avec des applications de plus en plus nombreuses : chaussées, pavés, tuiles, écrans acoustiques, façades, éléments préfabriqués... Même si les applications au béton sont quelquefois plus difficiles à mettre en œuvre. D'une part, dans la masse où une grande partie du photocatalyseur est inactif. D'autre part, dans les revêtements, assez délicats à mettre au point sur des supports poreux.

La recherche évolue dans ce domaine vers la mise au point de photocatalyseurs ayant une plus grande activité dans le rayonnement visible pour couvrir une plus large gamme de produits. En particulier, à l'intérieur des bâtiments pour améliorer la qualité de l'air et ainsi proposer des revêtements auto-nettoyants. Différents comités de normalisation sont actifs afin de développer des essais de photocatalyse et permettre de faire une comparaison sélective entre les différents photocatalyseurs et produits photocatalytiques apparaissant sur le marché.

Aujourd'hui, la Fédération européenne de photocatalyse a été créée en France. Elle regroupe les différents acteurs du domaine (producteurs, utilisateurs, industriels et universitaires) afin de promouvoir et faire évoluer la technique et ses enjeux.

Claude Stock

Ingénieur électro-chimiste et gérant de Neoformula Consulting & Développement

* Neoformula est une société de consulting qui assure aussi le développement à façon de matériaux ainsi que la commercialisation de lasures photocatalytiques pour le bâtiment.