



Lasures photocatalytiques :

pour des surfaces autonettoyantes et dépolluantes

Les lasures photocatalytiques apportent aux surfaces sur lesquelles elles sont déposées une fonction d'autonettoyance (dégradation des taches, effet fongicide, algicide, bactéricide), ainsi qu'une aptitude à la dépollution de l'air à leur contact (décomposition des COV, dégradation des NOx). Focus sur cette technologie dont les applications se multiplient.

Claude STOCK, Neoformula Consulting & Développement



Le principe de la photocatalyse consiste à provoquer, sous l'action d'un rayonnement lumineux, en présence d'oxygène et d'humidité, la dégradation des matières, principalement organiques, solides, liquides ou gazeuses. On peut également dans certaines conditions provoquer l'oxydation de gaz minéraux tels que H₂S, NH₃, SO₂ ou NOx. La photocatalyse est un procédé de catalyse hétérogène, en effet, la réaction de catalyse est initiée par une matière pulvérulente non miscible aux réactifs et ne se produit qu'à la surface du catalyseur. C'est un phénomène naturel qui repose sur l'activation d'un semi-conducteur, souvent de l'oxyde de titane, par la lumière. Le photocatalyseur lui-même n'est pas dégradé mais permet d'augmenter considérablement la vitesse de la réaction.

Principe de la photocatalyse

L'absorption des rayonnements lumineux (principalement UV) provoque sur le

photocatalyseur constitué d'un semi-conducteur (TiO₂ par exemple) 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 industriellement est le TiO₂ (principalement sous sa forme cristalline anatase). L'utilisation de TiO₂ est très avantageuse pour plusieurs raisons. Le titane est présent dans l'écorce terrestre en grande abondance et permet d'obtenir des produits peu coûteux, le gap (différence de niveau d'énergie) entre la bande de valence et la bande de conduction est très important, environ 3,2 eV soit 388 nm, ce qui permet de provoquer les réactions avec un spectre lumineux relativement large. Enfin le dioxyde de titane est un composé très stable et non toxique.

Le phénomène découvert dès 1929, voit ses premières applications de laboratoire en France au début des années 70 puis ses premières applications industrielles au Japon en 1990. Aujourd'hui le marché de la photocatalyse est en plein essor et les applications sont de plus en plus nombreuses. On peut citer notamment, la décomposition des polluants atmosphériques, la dépollution des surfaces, la dépollution de l'eau, la dépollution de l'air intérieur en milieu résidentiel et en milieu industriel, l'autonettoyage des façades et des ouvrages d'art, la destruction des virus et bactéries en milieu hospitalier, la lutte contre les odeurs pour les bassins de rétention, les stations d'épuration, le stockage des boues papetières, la dépollution des effluents viticoles, la production d'eau potable dans les régions désertiques etc. Pour les surfaces poreuses qui nous intéressent plus particulièrement ici, les trois applications principales sont l'autonettoyage (dégradation des taches, effet fongicide, algicide, bactéricide), la décomposition des COV (Composés Organiques Volatils) en intérieur et en extérieur ainsi que la dégradation des NOx.

Applications pratiques de la photocatalyse

Pour que la réaction de photocatalyse puisse se faire, il faut donc réunir les conditions suivantes :

- le photocatalyseur doit obligatoirement être accessible aux rayonnements lumineux ;
- les polluants, qu'ils soient solides, liquides ou gazeux, doivent être au contact du photocatalyseur pour être dégradés ;
- le rayonnement lumineux doit être de nature à pouvoir activer le photocatalyseur.

En pratique on peut distinguer deux types de principes de la photocatalyse, la photocatalyse active et la photocatalyse passive.

Photocatalyse active

Ce procédé exploite le fonctionnement des réacteurs photocatalytiques et sert

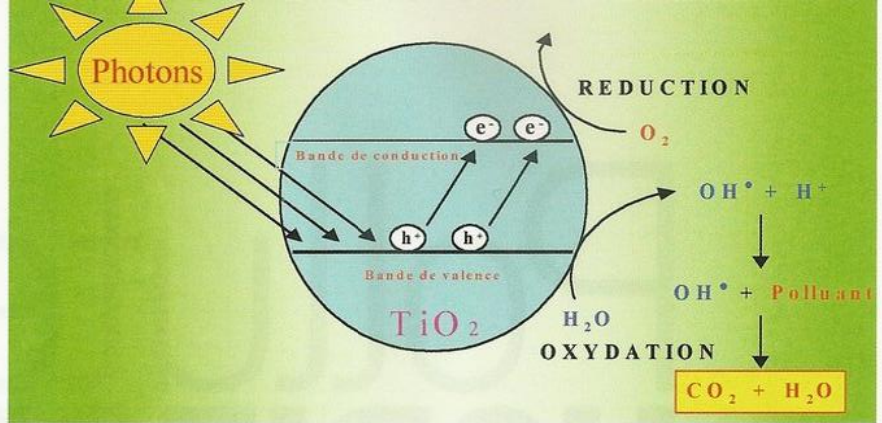


Figure N°1 : Principe d'action de la photocatalyse

essentiellement à la dépollution de l'air ou de l'eau.

Le fluide à dépolluer est aspiré à l'aide d'un ventilateur ou d'une pompe et traverse une cellule photocatalytique. La cellule est constituée d'un médium photocatalytique (plaque métallique, non tissé à base de fibres de verre ou de cellulose) traité à l'aide d'un photocatalyseur. Le support photocatalytique est irradié à l'aide d'une source lumineuse artificielle constituée de tubes UV. Les polluants se trouvent ainsi en contact avec le photocatalyseur et sont décomposés dans la cellule photocatalytique. Le rendement de ce type de réacteur dépend du débit du fluide, de la puissance de la source lumineuse, de la surface irradiée et de la concentration en polluant. Ce type de système fonctionne quel que soit l'environnement en intérieur et en extérieur. Cela concerne la dépollution de l'air intérieur de l'habitat avec de petits systèmes individuels jusqu'à des installations industrielles permettant de dépolluer de l'air avec des débits de plus de 50.000 m³/h. Les systèmes de dépollution de l'eau fonctionnent suivant le même principe en source lumineuse artificielle ou naturelle.

Photocatalyse passive

Dans le cas de la photocatalyse passive, on n'utilise pas de réacteur photocatalytique mais on se sert des supports existants dont la surface est rendue photocatalytique. Ce type de système permet essentiellement de rendre les surfaces autonettoyantes et de dépolluer l'air des COV en extérieur.

Trois types de systèmes existent alors :

- le dépôt d'un photocatalyseur par formation de TiO₂ photocatalytique, in situ lors de la fabrication, sur la surface des éléments à traiter (verre ou aluminium photocatalytique) ;

- l'incorporation de TiO₂ photocatalytique dans les matériaux lors de la mise en œuvre (béton, pavés, tuiles) ;
- la pulvérisation d'un revêtement photocatalytique a posteriori sur la surface des éléments à traiter (tous types d'éléments du bâtiment).

Le premier procédé est réservé à de rares applications, compliqué à réaliser et d'un coût élevé.

Le deuxième procédé consomme une grande quantité de dioxyde de titane, seul le TiO₂ se trouvant près de la surface (quelques micromètres) étant accessible à la lumière et donc disponible pour catalyser les réactions de dégradation.

Le dernier procédé est plus facile de mise en œuvre et moins coûteux mais les revêtements sont difficiles à développer étant donné la difficulté de trouver des liants ne se décomposant pas par photocatalyse ou n'empoisonnant pas les photocatalyseurs.

Nous nous intéresserons plus particulièrement ici aux lasures photocatalytiques transparentes et applicables sur différents types de supports dont les supports poreux.

Les lasures photocatalytiques

Les dioxydes de titane utilisés sont des sols de faible extrait sec de 10 à 20 % calculé en TiO₂.

Ces dioxydes de titane de type nanoparticulaire développent des surfaces spécifiques très importantes de l'ordre de 500 m²/g ce qui augmente l'efficacité du photocatalyseur. De ce fait, les risques liés à la manipulation de nanoparticules est maîtrisé, étant donné la présentation du produit sous forme liquide, de la conception du produit jusqu'à son utilisation finale. D'autre part le risque de relargage de nanoparticules dans l'atmosphère après application et

III pendant la durée de vie du revêtement est lui aussi fortement réduit. En effet, lors du durcissement le revêtement forme une couche adhérente au support comprenant des agglomérats de nanoparticules de plusieurs centaines de nanomètres. En cas d'abrasion du support la couche minéralisée comprend des particules de l'ordre du micron ne présentant plus le risque des nanoparticules.

Des études de toxicologie et de mesures de concentrations particulières portant sur différents matériaux sont aujourd'hui en cours afin de répondre de manière plus précise aux questions de santé de manipulation du photocatalyseur et de protection de l'utilisateur final. La fonction principale de ces lasures photocatalytiques est l'autonettoyage.

Les deux principes de fonctionnement de l'autonettoyage grâce au photocatalyseur sont les suivants :

- création d'une surface superhydrophile favorisant le ruissellement des eaux de pluie et ainsi le lavage de la surface (Figure 2) ;
- décomposition des polluants de surface par oxydation des matières organiques (Figure 3).

L'autonettoyage des surfaces est d'autant plus efficace que les surfaces sont plus lisses comme dans le cas du verre ou du carrelage. Pour le béton, les tuiles céramiques, les pierres naturelles ou reconstituées, le problème est plus complexe.

En effet, en raison de la porosité du support, les polluants liquides ou solides véhiculés par les eaux de ruissellement pénètrent dans le matériau, sont ainsi plus difficilement accessibles aux rayons lumineux et ne sont pas lavés par les eaux de pluie. Afin de pallier à cet inconvénient, la société Neoformula Consulting & Développement a mis au point des lasures contenant un agent d'imprégnation hydrofuge. Celui-ci permet d'empêcher la pénétration des polluants hydrophiles dans le matériau pour obtenir ainsi un effet visible et durable.

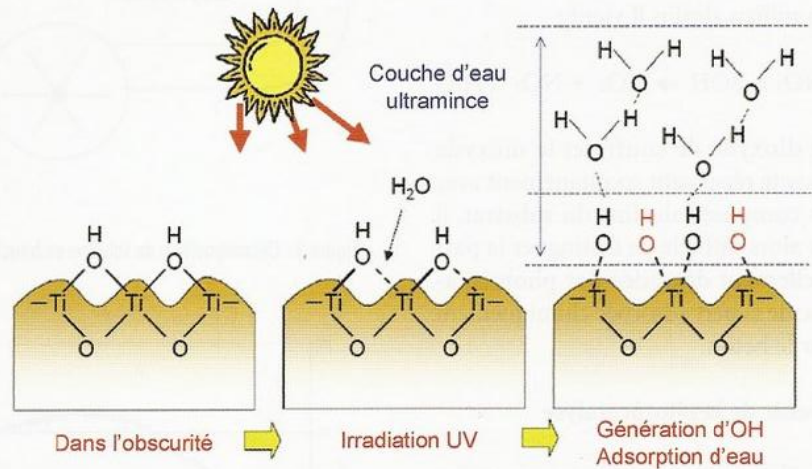
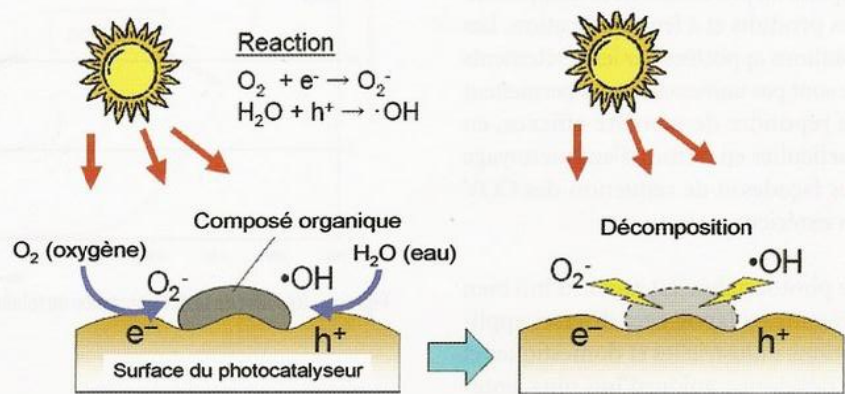


Figure 2 : Création d'une superhydrophilie de surface par photocatalyse



L'oxygène actif (anions O2 et radicaux hydroxyles) oxyde les composés organiques

Figure 3 : Décomposition des composés organiques par photocatalyse

Par rapport à un support traité de manière conventionnelle, les vitesses de dégradation des polluants solides et d'autonettoyage sont alors 5 à 10 fois plus importantes.

Ces lasures microporeuses permettent au support de respirer et n'en changent pas l'apparence.

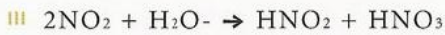
Elles sont particulièrement adaptées à tous les supports du bâtiment, façades enduites, façades peintes, dallages et pavés extérieurs, terrasses, plages de piscines, toitures avec tuiles en terre cuite, béton brut etc... Elles peuvent également être teintées pour s'adapter à l'esthétique de l'environnement proche en différentes couleurs

Ces produits peuvent également être adaptés pour la réduction des COV dans les environnements pollués en

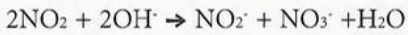
extérieur. Les COV sont alors décomposés en CO₂ et en eau comme le montrent les figures 4 et 5.

En intérieur le procédé nécessite cependant la mise au point de matériaux pouvant être activés par le rayonnement visible. Dans ce dernier cas, la solution des revêtements photocatalytiques n'est aujourd'hui pas adaptée. Des appareils de dépollution de l'air intérieur existent, fonctionnant sur le principe d'un support photocatalytique irradié à l'aide de lampes UV, sur lequel on force le passage de l'air.

La décomposition des NO_x et des SO_x est plus délicate à mesurer en raison de la réaction de ces composés avec l'humidité et les supports alcalins. En effet on peut écrire :



En milieu alcalin il vient :



Le dioxyde de soufre et le dioxyde d'azote réagissant spontanément avec les composés alcalins du substrat, il est alors difficile de distinguer la part réellement dégradée par photocatalyse de la part adsorbée chimiquement par le béton.

Avenir de la photocatalyse

La photocatalyse est maintenant une solution éprouvée pour peu qu'on apporte un peu de soin au développement des produits et à leur application. Les solutions apportées par les revêtements ne sont pas universelles mais permettent de répondre de manière efficace, en particulier en termes d'autonettoyage des façades et de réduction des COV en extérieur.

La photocatalyse est aujourd'hui bien présente au Japon avec diverses applications industrielles et domestiques et se développe aujourd'hui plus lentement en Europe et aux Etats-Unis en raison de diverses expériences malheureuses réalisées avec des produits mal adaptés aux besoins ou mal mis en œuvre.

Concernant les revêtements et en particulier les lasures, le marché se développe avec des applications de plus en plus nombreuses : dallages, pavés, tuiles, écrans acoustiques, façades, éléments préfabriqués, pierres naturelles etc...

La recherche évolue aujourd'hui vers la mise au point de photocatalyseurs ayant une plus grande activité dans le rayonnement visible pour couvrir une plus large gamme de produits, notamment à l'intérieur des bâtiments pour améliorer la qualité de l'air. ■

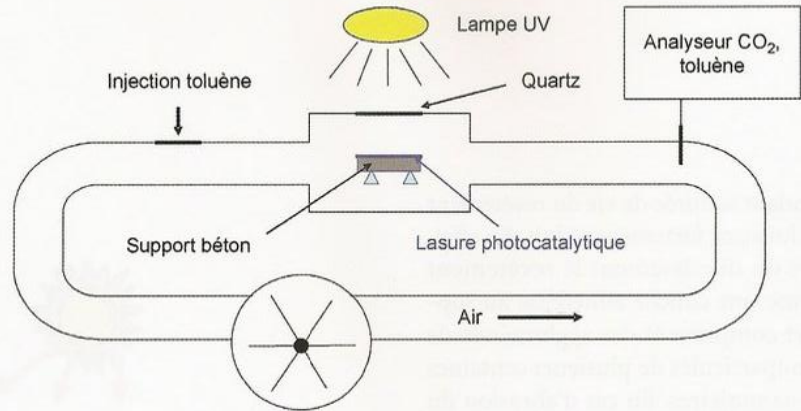


Figure 4 : Décomposition de toluène en boucle photocatalytique

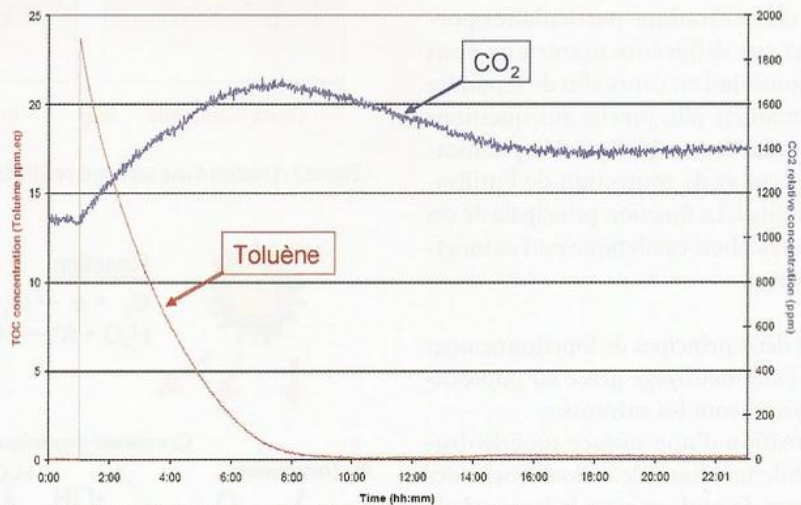


Figure 5 : Résultat de la décomposition de toluène en boucle photocatalytique



Mediathèque de Saint Ouen, béton photocatalytique, Architecte : Jean-Pierre Lott