

## Document

# Bâtiment photocatalytique pour le traitement des odeurs

Joseph DUSSAUD

Ex-Strategic Development & Research Director, Ahlstrom

## Résumé

Les sociétés Ahlstrom et Icare ont développé, en utilisant les énergies renouvelables (le soleil), des bâtiments modulaires capables d'éliminer radicalement les nuisances olfactives provoquées par les activités industrielles.

Le procédé repose sur un dispositif de filtration, développé par Ahlstrom, qui associe un filtre à charbon actif à un système de photocatalyse pour capter et détruire les molécules polluantes dégagées par les boues industrielles. Ce filtre opère en continu à l'intérieur d'un bâtiment photocatalytique conçu par Locabri, entièrement équipé de bâches actives et maintenu en légère surpression afin d'orienter l'air chargé en composés organiques volatils vers les filtres. Testé sur le site de production papetière d'Ahlstrom, le premier bâtiment permet de stocker et de traiter 3 200 tonnes de boues sur une superficie de 1 500 m<sup>2</sup>. Le système permet de réduire jusqu'à 95 % les unités d'odeurs entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment. Plus aucune odeur n'est décelable à 50 mètres du lieu de stockage !

Cette innovation présente un fort potentiel de développement : un millier de sites industriels tels que des unités de stockage, des lisiers, des stations de compostage, des sites de déshydratation de boues de Step et des effluents de l'industrie agroalimentaire pourraient en être équipés en France. Ces bâtiments modulables peuvent être directement implantés sur site, soit pour réaliser une chambre de filtration, soit pour couvrir directement un stockage d'effluents odorants.

## 1. Introduction : le concept de filtration

Ce système de filtration inclut un filtre à charbon actif et un système de photocatalyse. Dans un premier temps, les molécules sont adsorbées donc fixées sur la surface du charbon actif. Dans une seconde phase, une photocatalyse en phase gazeuse par le dioxyde de titane (TiO<sub>2</sub>) sous irradiation dans la longueur d'onde des ultraviolets est mise en œuvre. La

spécificité de ce concept exclusif est l'association de deux solutions techniques en adéquation avec les besoins du conditionnement d'air. Pour bien comprendre ce choix, voici, décomposés en 3 points, les phénomènes mis en jeu.

### 1.1. Adsorption<sup>1</sup> sur charbon actif

Lors de cette première étape, les molécules sont adsorbées donc fixées sur la surface d'un solide que constitue le charbon actif. Ce phénomène est utilisé pour « récupérer » des molécules indésirables de fluide (liquide ou gazeux). La fixation provient de l'établissement, entre le solide et les molécules, de liaisons de Van Der Waals, liaisons électrostatiques de faible intensité, avec des énergies d'interaction comprises entre 5 et 40 kJ/mol. On parle aussi d'adsorption physique, pour la différencier de l'adsorption chimique qui met en jeu des forces de plus grande intensité (liaison covalente) et modifie la structure moléculaire du soluté, rendant en général le processus irréversible. L'adsorption avec du charbon actif est actuellement l'une des techniques les plus performantes pour traiter les vapeurs organiques. En effet, comparé à d'autres matériaux adsorbants couramment utilisés dans l'industrie pour contrôler les émissions de Composés Organiques Volatils (COV), tels que les zéolithes ou les résines de polymères, le charbon actif offre de fortes capacités d'adsorption vis-à-vis de nombreux composés chimiques, pour un coût relativement faible. L'inconvénient majeur de ce type de filtre est la saturation du charbon actif. Cet état est appelé « point de percée », et il est très difficile à anticiper. Une fois ce point atteint, les molécules qui traversent le filtre à charbon actif ne sont plus adsorbées.

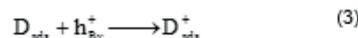
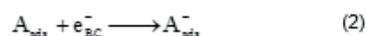
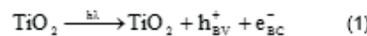
<sup>1</sup> Adsorption : phénomène de transfert des molécules gazeuses dans un milieu poreux souvent opposé à l'absorption, phénomène de transfert des composés à éliminer de la phase gazeuse vers une phase liquide de type aqueux ou organique.

## 1.2. La photocatalyse

La photocatalyse en phase gazeuse par le dioxyde de titane (TiO<sub>2</sub>) est une catalyse hétérogène dont le catalyseur solide n'est actif que sous irradiation dans la longueur d'onde des ultraviolets. Le processus photocatalytique hétérogène se décompose en 5 phases :

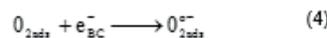
- transfert des réactifs gazeux vers la surface photocatalytique ;
- adsorption des réactifs gazeux sur la surface photocatalytique ;
- réaction photochimique entre réactifs gazeux adsorbés à la surface photocatalytique et minéralisation des composés organiques ;
- désorption des produits gazeux de la réaction photocatalytique ;
- transfert des produits gazeux hors de la surface photocatalytique.

L'énergie apportée par le rayonnement UV (radiation de longueur d'onde inférieure ou égale à 400 nm) permet à un électron e<sup>-</sup> de passer de la bande de valence à la bande de conduction du TiO<sub>2</sub>. Cela crée donc un site d'oxydation (trou h<sup>+</sup>) dans la bande de valence et un site de réduction (électron e<sup>-</sup>) dans la bande de conduction. Les trous h<sup>+</sup> réagissent avec les donneurs d'électrons, D<sub>ads</sub>, comme les produits organiques qui sont adsorbés à la surface du TiO<sub>2</sub>. Dans le même temps, les électrons e<sup>-</sup> réagissent avec les accepteurs d'électrons, A<sub>ads</sub>.



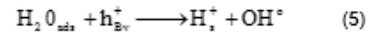
avec BV la bande de valence, BC la bande de conduction et ads adsorbé.

Ainsi l'électron de la bande de conduction est piégé par l'oxygène moléculaire O<sub>2</sub>. Nous obtenons



Par ailleurs, le trou de la bande de valence est piégé par les groupes hydroxyles superficiels

ou par l'eau absorbée, et forme des radicaux hydroxyles.



Ainsi, nous obtenons à la surface de ce catalyseur solide des paires électrons - trous dissociés(e<sup>-</sup>, h<sup>+</sup>), c'est-à-dire un système oxydo-réducteur. Ensuite, les électrons (e<sup>-</sup>) et les trous (h<sup>+</sup>) sont respectivement captés par l'oxygène ou la vapeur d'eau, les groupes OH superficiels et certains polluants pour former des radicaux ou des ions - radicaux. Ces derniers se transforment, réagissent entre eux ou attaquent les composés organiques adsorbés par le TiO<sub>2</sub>, qui ainsi se dégradent. Ainsi, les espèces radicalaires issues de la photocatalyse permettent le déroulement d'une chaîne de réaction d'oxydation pouvant aller jusqu'à la minéralisation complète des COV adsorbés non halogénés en dioxyde de carbone et en eau. Pour cette application, le processus de photocatalyse mis en œuvre est du type photoréaction sensibilisée, appelé encore photolyse catalysée. L'inconvénient majeur de la photocatalyse utilisée seule est le temps nécessaire à une réaction chimique complète. Ainsi, en cas de forte concentration et/ou pour une vitesse de passage importante, la dégradation des molécules n'ira pas jusqu'à la minéralisation. La figure 1 représente cette action photocatalytique.

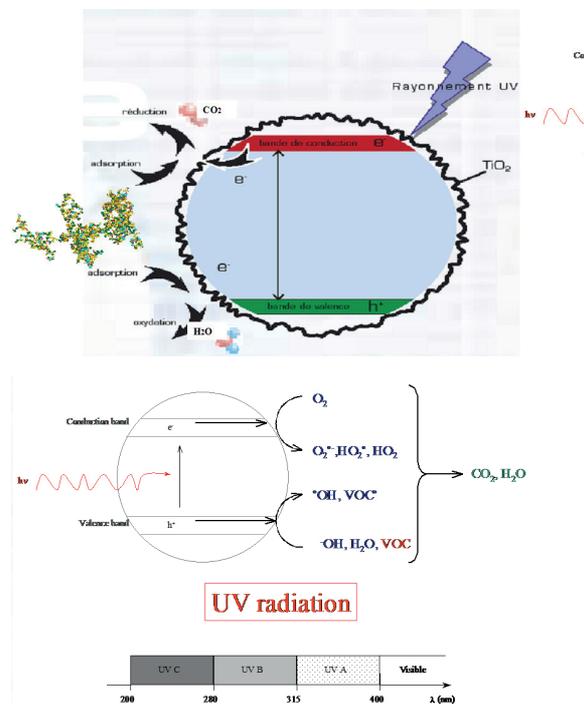


Figure 1.  
L'action photocatalytique.

### 1.3. Le couplage charbon actif photocatalyse

Le couplage d'un filtre à charbon actif avec un système de photocatalyse permet de supprimer les inconvénients majeurs respectifs des deux procédés pris indépendamment et de pouvoir réduire sensiblement les opérations de maintenance. L'intérêt de l'invention est de capter les polluants dans le charbon actif et de les dégrader par le procédé photocatalytique et ainsi de régénérer les sites d'absorption du charbon actif.

Le système permet de travailler en continu : la nuit le charbon actif adsorbe les polluants et dès le lever du soleil l'activité photocatalytique se déclenche et détruit les polluants adsorbés et régénère les sites d'adsorption du charbon actif.

### 1.4. Forme cristalline du TiO<sub>2</sub>

Le TiO<sub>2</sub> utilisé est sous la forme cristalline anatase, qui donne des résultats supérieurs à la forme cristalline rutile en propriétés photocatalytiques. La préparation d'enduction est composée d'un mélange d'eau, 50 % de silice colloïdale en sec et 50 % de dioxyde de titane en sec. La concentration finale du bain d'enduction est de 40 %.

La silice colloïdale enveloppe le TiO<sub>2</sub>, et ses propriétés autoadhésives permettent une excellente fixation de ces deux minéraux sur les matériaux, tels que le matelas fibreux de papier.

L'enduction est effectuée par un procédé d'impression à rouleaux.

Après séchage, on obtient des agglomérats de dioxyde de titane de 700 à 1 000 nanomètres, carbone, verre, etc.

## 2. Bâtiment photocatalytique



Figure 3.

Bâtiment photocatalytique de 1 500 m<sup>2</sup>, avec une structure en aluminium, un toit en PVC, des parois verticales avec photocatalyse et un surpresseur.

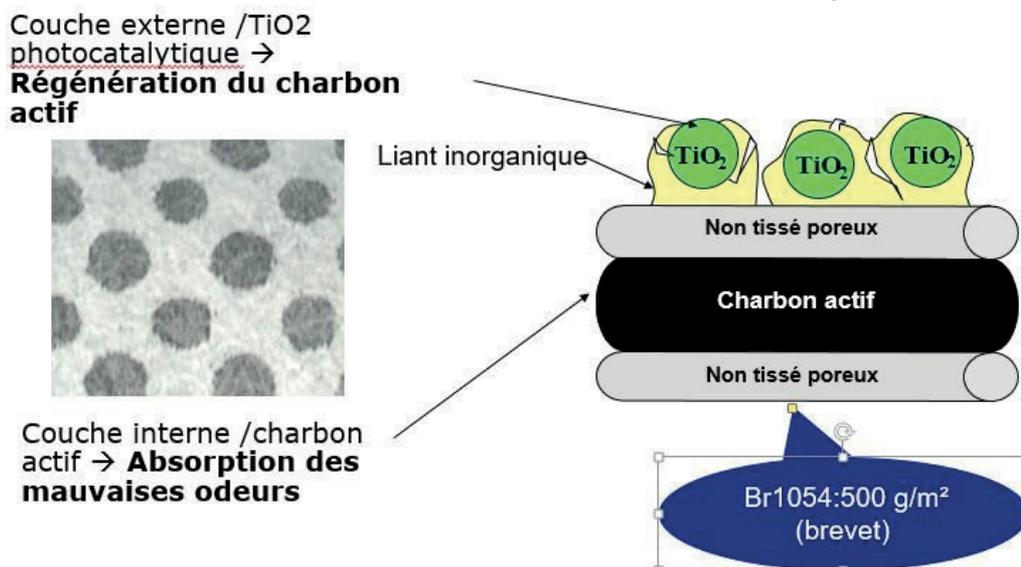


Figure 2.

Les polluants sont captés par le charbon actif et dégradés par le procédé photocatalytique.

### 3. Analyse d'odeurs

L'efficacité se définit comme le % du nombre d'unités d'odeur à l'intérieur du bâtiment/à l'extérieur. Les résultats obtenus par analyse et par 4 jurys de nez sont considérés comme excellents, puisque leur efficacité se situe entre 87 et 95 %.

### 4. Conclusion

Les bons résultats obtenus sont confirmés par les campagnes de mesure d'Explorair, réalisées sur fibres tenax avec un abattement de 85 % de composants soufrés (DMS-DMDS), 70-95 % de cétones (2-butanone – acetone), 95 % d'aromatiques (Éthyl-benzen).

Aucune odeur n'a été observée à 50 m du lieu de stockage des boues, aucune plainte de voisinage n'a été déposée depuis la mise en service du bâtiment.

Le projet a été étudié en partenariat avec l'ADEME et a fait l'objet d'un brevet.

Le système utilise les énergies renouvelables (UV solaires).