

## (12) BREVET D'INVENTION

(11) N° de publication : **MA 40802 B1** (51) Cl. internationale : **B01J 21/06; B01J 21/00**

(43) Date de publication :  
**31.10.2019**

---

(21) N° Dépôt :  
**40802**

(22) Date de Dépôt :  
**17.08.2017**

(71) Demandeur(s) :  
**Moroccan foundation for Advanced Science Innovation and Research (MAScIR),  
Rabat Design center, Rue Mohamed Al Jazouli Madinat Al Irfane, Rabat, 10100, Maroc  
(MA)**

(72) Inventeur(s) :  
**BELAICHE MOHAMMED ; BRICHE SAMIR ; YAAKOUBI KAOUTAR**

(74) Mandataire :  
**ABDELHAQ AMMANI**

---

(54) Titre : **Photocatalyseur monolithique d'oxyde de titane pour la décontamination de l'eau.**

(57) Abrégé : La présente invention concerne le domaine de la photocatalyse. Elle est relative, en particulier à un photocatalyseur monolithique à base d'oxyde de titane pour la décontamination de l'eau, ledit photocatalyseur se caractérise en ce qu'il est un monolithe hybride organique-inorganique autosupporté composé d'un matériau comprenant le dioxyde de titane avec au moins 80% en masse de dioxyde de titane sous forme anatase, et au plus 20% en masse de dioxyde de titane sous forme Brookite, le dit monolithe étant exempt de macropores comprenant des mésopores de dimension allant de 2 à 10 nm, de préférence de 2 à 5 nm .

**Photocatalyseur monolithique d'oxyde de titane pour la décontamination de l'eau.**

5

**Abrégé :**

La présente invention concerne le domaine de la photocatalyse. Elle est relative, en particulier à un photocatalyseur monolithique à base d'oxyde de titane pour la décontamination de l'eau, ledit photocatalyseur se caractérise en ce qu'il est un monolithe  
10 hybride organique-inorganique autosupporté composé d'un matériau comprenant le dioxyde de titane avec au moins 80% en masse de dioxyde de titane sous forme anatase, et au plus 20% en masse de dioxyde de titane sous forme Brookite, le dit monolithe étant exempt de macropores comprenant des mésopores de dimension allant de 2 à 10 nm, de préférence de 2 à 5 nm .

**Photocatalyseur monolithique d'oxyde de titane pour la décontamination de l'eau.**

5

**Domaine de l'invention**

La présente invention concerne le domaine de la photocatalyse. Elle est relative, en particulier à un photocatalyseur hétérogène constitué d'un monolithe de  $\text{TiO}_2$  autosupporté à mésoporosité, à un procédé de préparation d'un tel photocatalyseur, à l'utilisation de ce  
10 photocatalyseur pour la décontamination en polluants de milieux aqueux et un procédé de décontamination de milieux aqueux mettant en œuvre un tel photocatalyseur monolithique.

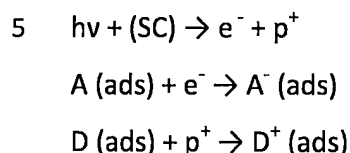
**Etat de la technique**

La photocatalyse hétérogène est un procédé complexe qui a fait l'objet de nombreuses  
15 études de recherche. Comme pour tout procédé incluant des réactions en phase hétérogène, le procédé photocatalytique peut être divisé en cinq étapes :

- transfert des molécules réactives dispersées dans le fluide vers la surface du catalyseur ;
- adsorption des molécules réactives sur la surface du catalyseur ;
- 20 • réaction sur la surface de la phase adsorbée ;
- désorption des produits ;
- éloignement des produits de l'interface fluide/catalyseur.

La réaction photocatalytique se produit lors de l'étape 3. Quand un photocatalyseur semi-  
25 conducteur (SC) de type oxyde ( $\text{TiO}_2$ ) est illuminé par des photons d'énergie égale ou supérieure à la largeur de bande interdite  $E_g$  ( $h\nu \geq E_g$ ), il y a absorption de ces photons et création, dans le volume du solide, de paires électron-trou qui se dissocient en photoélectrons libres dans la bande de conduction et en photo-trous dans la bande de

valence. Simultanément, en présence d'une phase fluide (gaz ou liquide), une adsorption spontanée se produit et selon le potentiel redox (ou le niveau d'énergie) de chaque adsorbat, un transfert d'électron a lieu vers les molécules de caractère accepteur (A), tandis que les trous positifs sont transférés vers les molécules de caractère donneur (D) :



10 Le procédé de photocatalyse à base de semi-conducteurs, utilisé pour la purification de l'air et de l'eau, s'est surtout développé autour du dioxyde de titane grâce aux avantages considérables que présente ce composé :

- il est stable, peu onéreux, non toxique ;
- c'est le photocatalyseur le plus efficace ;
- 15 • il favorise la photodégradation d'une large gamme de polluants à température ambiante ;
- l'utilisation d'additifs n'est pas nécessaire.

20 La photocatalyse peut s'appliquer aussi bien en solution comme en phase gazeuse en utilisant le catalyseur sous forme des particules en suspension ou supporté. Des configurations de réacteur contenant des particules en suspension ont été proposées comme les plus efficaces par rapport aux catalyseurs immobilisés sur des supports solides [A. D. Modestov, O. Lev, *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry* 1998, 112, 261]. La taille des particules influence deux caractéristiques importantes du photocatalyseur : sa surface spécifique et sa dispersion en solution. La réduction de la taille  
25 des particules augmente la surface de contact et améliore la dispersion de la poudre en solution, favorisant ainsi les interactions photons/catalyseur/polluant [M. Fallet, S. Permpoon, J. L. Deschanvres, M. Langlet, *Journal of Materials Science* 2006, 41, 2915] [Z. Zhang, C.-C. Wang, R. Zakaria, J. Y. Ying, *J. Phys. Chem. B* 1998, 102, 10871] [A. J. Maira, K.  
30 L. Yeung, C. Y. Lee, P. L. Yue, C. K. Chan, *Journal of Catalysis* 2000, 192, 185]. Cependant,

l'emploi de poudres dispersées en solution présente un inconvénient majeur : une fois la solution dépolluée, le catalyseur doit en être éliminé par filtration. Cette opération augmente la durée globale du traitement et le coût de l'installation. De plus l'utilisation de particules en suspension, dans les systèmes de purification de l'air, est assez risquée car une  
5 filtration inefficace des particules nanométriques (fines) peut entraîner des problèmes respiratoires graves.

Pour éviter la filtration, la recherche s'est orientée vers des systèmes à photocatalyseur supporté sous forme de films minces par exemple. L'immobilisation du photocatalyseur sur un support inerte présente de nombreux avantages. Elle rend flexible le transport et la  
10 recharge du photocatalyseur (sous forme de filtre, par exemple), permet un flux continu des polluants, ne nécessite pas de système de filtration, et peut être utilisé pour des applications à petite et moyenne échelle, comme les purificateurs d'air en milieu domestique, en voiture, en bus ou dans le train.

Toutefois, l'immobilisation d'un photocatalyseur sur un support peut générer des problèmes  
15 de délamination du film mince. D'autre part, pendant l'étape du traitement thermique nécessaire pour optimiser les propriétés mécaniques et structurales du film mince, une partie de la structure poreuse disparaît sous l'effet du frittage et des contraintes à l'interface du film mince-support peuvent apparaître. De plus, seulement la surface du photocatalyseur est en contact avec le polluant. Dans le cas des suspensions de  $\text{TiO}_2$ , les particules ne sont  
20 pas illuminées de manière continue mais pendant de courts instants à cause de l'agitation, tandis que le photocatalyseur fixé sur un support est irradié en permanence sur toute sa surface jusqu'à une profondeur effective qui correspond à une épaisseur critique [M. L. Hitchman, F. Tian, *Journal of Electroanalytical Chemistry* 2002, 538-539, 165]. Donc il y a un fort besoin à concevoir un dispositif qui permettrait l'irradiation efficace du photocatalyseur  
25 supporté et une configuration de support qui optimise la charge et l'exposition du photocatalyseur.

L'élaboration de matériaux permettant de confiner la réaction à l'échelle nanométrique (matériaux massifs nano-poreux) est également un champ d'investigation très intense.  
30 Cependant, parmi tous les matériaux monolithiques photocatalytiques à base de  $\text{TiO}_2$

proposés dans l'art antérieur, pour l'essentiel des matériaux mésoporeux, aucun n'a été synthétisé à très basse température entre 20 et 60°C et sans l'utilisation d'agent structurant.

D'où le but de l'invention qui est de proposer un matériau monolithique permettant de réaliser une photocatalyse stable au cours du temps conduisant à la dégradation d'agents  
5 chimiques et biologiques en milieu aqueux.

### Description détaillée de l'invention

Cet objectif est atteint par le monolithe photocatalytique objet de la présente invention et qui sera détaillé ci-après.

La présente invention a pour objet un monolithe hybride organique-inorganique  
10 autosupporté, caractérisé en ce qu'il est composé du dioxyde de titane  $TiO_2$  comprenant au moins 80% en masse de dioxyde de titane sous forme anatase, et plus au moins 20% en masse de dioxyde de titane sous forme Brookite. Le dit monolithe étant exempt de macropores comprenant des mésopores de dimension allant de 2 à 10 nm.

### Brève description des figures

15 La suite de la description sera décrite à la lumière des figures annexées et dont le contenu concerne :

**Fig. 1.** Les images des monolithes hydriques organique-inorganique autosupportés obtenus par le procédé Sol-Gel.

**Fig. 2.** Le diffractogramme X du monolithe hybride organique-inorganique autosupporté enregistré à température ambiante en superposition avec la fiche ICDD N° 01-075-2547 de la phase Anatase. L'analyse montre que la structure du monolithe hybride organique-inorganique autosupporté est constituée de 80,4% d'Anatase et de 19,6% de Brookite.

**Fig. 3.** L'isotherme est caractérisé par une forte augmentation de la pente dans la gamme à basse pression relative ( $P/P_0 = 0 - 0,1$ ), ce qui signifie la consommation de grandes quantités  
25 d'azote. En outre, l'isotherme est réversible. Ces caractéristiques suggèrent que c'est un isotherme de type I et le monolithe correspondant rapporté ici est un matériau microporeux, selon classifications de l'IUPAC. Une augmentation progressive de la consommation d'azote dans la gamme de pression relative ( $P/P_0 = 0,1 - 0,9$ ) a également été observée dans

l'isotherme. D'autre part, les branches d'adsorption et de désorption de la boucle d'hystérésis restent presque parallèles sur une plage appréciable de  $P/P_0$ , suggérant ainsi que le monolithe présente une boucle d'hystérésis de Type H4, qui semble être associée à des pores en forme de fentes étroites. Mais dans ce cas, le caractère isotherme de type I, est  
5 indicative d'une microporosité

**Fig. 4.** Spectres UV-VIS du colorant Orange G sous rayonnement UV à différent temps d'exposition en présence de 100 mg de monolithe hybride organique-inorganique autosupporté.

10 Selon une forme de réalisation préférée de l'invention, la dimension moyenne des mésopores varie de 2 à 5 nm.

Les monolithes conformes à la présente invention sont typiquement de taille centimétrique.

La surface spécifique du monolithe est généralement de 30 à 300  $m^2/g$  environ, préférentiellement de 50 à 200  $m^2/g$ .

15 Selon une forme de réalisation adoptée par l'invention, le la partie inorganique du monolithe comprend de 80 à 90% en masse de dioxyde de titane sous sa forme anatase, et de 10 à 20% en masse de dioxyde de titane sous sa forme Brookite.

Egalement selon une forme de réalisation adoptée par l'invention, le monolithe est constitué de 23 % en masse de la matière organique, typiquement environ 13 % en masse.

20

Le procédé selon l'invention utilise la technique bien connue sous le nom de procédé sol-gel qui permet de fabriquer un polymère hybride organique-inorganique par des réactions chimiques simples et à des températures proche de l'ambiante, généralement dans une gamme de température allant de 10 à 150 °C, et préférentiellement de 20 à 40°C, pour la  
25 préparation du sol colloïdale. La variation des paramètres expérimentaux comme la température, la concentration en précurseur ou la composition du solvant permet de moduler la structure finale du photocatalyseur monolithique.

Les réactions chimiques simples à la base du procédé sol-gel sont déclenchées lorsque l'alkoxyde de titane est mis en présence d'eau : l'hydrolyse des fonctions Ti-alcoxy, intervient tout d'abord, puis un début de condensation des produits hydrolysés par formation de pont Ti-O-Ti conduit à la formation d'un sol colloïdale, puis lorsque la condensation atteint un  
5 niveau élevé la gélification du système se produit.

De manière préférée, dans le cadre de l'invention, le procédé de préparation du monolithe autosupporté comporte les étapes défini ci-dessous :

- 10 a) La préparation d'une solution hydro-alcoolique d'un précurseur de dioxyde de titane à une concentration variant de 10 à 20 % massique para rapport à la masse totale de la solution.
- b) Ajustement du pH du milieu réactionnel à une valeur entre 1 et 2 par ajout d'une quantité suffisante d'un acide fort.
- 15 c) L'agitation du mélange réactionnel pendant une durée suffisante pour hydrolyser le précurseur de dioxyde de titane.
- d) La condensation du précurseur d'oxyde de titane par séchage du milieu réactionnel à température ambiante pour obtenir un gel de titane
- e) Le séchage du gel de titane obtenu ci-dessus à l'étape précédente à une température inférieure à 100°C

20 La concentration de la solution en précurseur de dioxyde de titane utilisé à l'étape a) varie de 13 à 17 % massique.

Le précurseur de dioxyde de titane est choisi parmi le tétra-isopropoxyde de titane ou le tétra-butoxyde de titane.

25

le pH de la solution hydro-alcoolique de précurseur de dioxyde de titane est ajusté moyennant l'acide chlorhydrique ou l'acide nitrique.

L'hydrolyse du précurseur de dioxyde de titane est favorisée en ajoutant une quantité d'eau  
30 désionisée.



L'alcool utilisé peut être parmi les alcools éthylique, butylique, propylique.

L'étape du séchage du gel de titane est effectuée à une température située entre 40 et 80°C.

- 5 La présente invention a donc également pour objet l'utilisation du monolithe hybride organique-inorganique autosupporté tel que défini précédemment, à titre de photocatalyseur, notamment pour catalyser la dégradation d'agents biologiques ou chimiques en milieu liquide sous l'influence d'une insolation UV.
- 10 De manière générale, le monolithe hybride organique-inorganique autosupporté selon l'invention peut être utilisé pour la dégradation photocatalytique de tout type de composés organiques à base de C, H, O, etc. Il peut s'agir de salissures ou de souillures, ou de tout autre type de composés selon les applications envisagées.
- 15 Enfin la présente invention a pour objet un procédé de décontamination d'un milieu liquide susceptible de contenir un ou plusieurs composés organiques mettant en œuvre ledit monolithe hybride organique-inorganique autosupporté. Ce procédé est caractérisé en ce que la décontamination est réalisée par introduction dudit monolithe organique-inorganique autosupporté dans le milieu liquide sous irradiation UV.
- 20 Selon ce procédé, la dégradation des composés organiques est observée instantanément après l'irradiation UV et est stable dans le temps.

Selon ce procédé les multiples radicaux générés à la surface du monolithe hybride organique-inorganique autosupporté sont considérés comme les espèces actives permettant la dégradation de la matière organique. Tous ont des caractéristiques bactéricides, mais les radicaux les plus puissants sont les radicaux hydroxyles.

De manière générale, le monolithe hybride organique-inorganique autosupporté selon l'invention peut être utilisé pour ralentir la croissance des microorganismes présents dans le milieu aqueux.

Selon une forme particulière de l'invention, le monolithe hybride organique-inorganique autosupporté peut être utilisé pour ralentir la croissance de bactéries pathogènes, en

favorisant le blocage de certaines fonctions vitales comme la respiration par diminution d'une enzyme, la coenzyme A et la formation de son dimère.

Le tableau 1 ci-dessous représente le résultat de la cinétique d'évolution d'une culture de *E-Coli* sous irradiation UV en présence de 100 mg de monolithe. La concentration bactérienne initiale étudiée est de  $10^4$  UFC/ml. L'évolution de la concentration bactérienne dans la solution est suivie à partir d'un échantillonnage périodique de volume égal à 1 mL. Seule la charge microbienne contenue dans la phase liquide est alors prise en considération lors de la lecture de la densité optique. Une culture témoin contenant seulement de *E-Coli* a été exposée au rayonnement UV afin de mettre en évidence l'impact du processus photocatalytique. Cette évolution montre que la croissance d' *E.coli* en présence de monolithe sous irradiation UV diminue pendant les 2 heures 30 d'incubation. Une telle diminution de croissance pu être détectée pendant les premières heures d'incubation.

Temps d'exposition UV	Concentration de <i>E-Coli</i> en présence du monolithe	Concentration de <i>E-Coli</i> sans le monolithe (témoin)
0	0,036	0,036
30	0,054	0,055
60	0,063	0,089
90	0,098	0,154
120	0,134	0,233
150	0,221	0,343

Tab.1

15

20

**Revendications :**

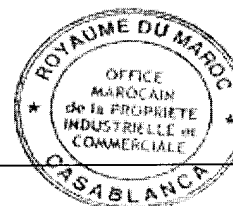
- 1- Photocatalyseur monolithique à base d'oxyde de titane pour la décontamination de l'eau **caractérisé en ce que** ledit photocatalyseur est un monolithe hybride organique-inorganique autosupporté composé d'un matériau comprenant le dioxyde de titane avec au moins 80% en masse de dioxyde de titane sous forme anatase, et au plus 20% en masse de dioxyde de titane sous forme Brookite, le dit monolithe étant exempt de macropores comprenant des mésopores de dimension allant de 2 à 10 nm, de préférence de 2 à 5 nm .
- 2- Photocatalyseur monolithique selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le volume poreux est compris entre 0,04 et 0,09 cm<sup>3</sup>/g.
- 3- Photocatalyseur monolithique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** sa surface spécifique est comprise entre 50 à 200 m<sup>2</sup>/g
- 4- Photocatalyseur monolithique selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le matériau du monolithe renferme une matrice organique à hauteur de 13% en masse.
- 5- Procédé de préparation d'un Photocatalyseur monolithique hybride organique-inorganique autosupporté tel que défini à l'une quelconque des revendications précédentes selon un procédé sol-gel, ledit procédé est **caractérisé en ce qu'il** comprend les étapes suivantes :
  - a) La préparation d'une solution hydro-alcoolique d'un précurseur de dioxyde de titane à une concentration variant de 10 à 20 % massique para rapport à la masse totale de la solution.
  - b) Ajustement du pH du milieu réactionnel à une valeur entre 1 et 3 par ajout d'une quantité suffisante d'un acide fort.
  - c) L'agitation du mélange réactionnel pendant une durée suffisante pour hydrolyser le précurseur de dioxyde de titane.
  - d) La condensation du précurseur d'oxyde de titane par séchage du milieu réactionnel à température ambiante pour obtenir un gel de titane
  - e) Le séchage du gel de titane obtenu à l'étape précédente à une à une température située entre 40 et 80°C.

- 6- Procédé selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** la concentration du précurseur de dioxyde de titane utilisé à l'étape a) varie de 13 à 17 % massique.
- 7- Procédé selon les revendications 5 et 6, **caractérisé en ce que** le précurseur de dioxyde de titane est choisi parmi le tétra-isopropoxyde de titane, le tétra-butoxyde de titane.
- 8- Procédé selon les revendications 5 à 7, **caractérisé en ce que** le pH de la solution hydro-alcoolique de précurseur de dioxyde de titane est ajusté moyennant l'acide chlorhydrique ou l'acide nitrique.
- 9- Procédé selon les revendications 5 à 8, **caractérisé en ce que** l'hydrolyse du précurseur de dioxyde de titane est favorisée en ajoutant une quantité d'eau désionisée.
- 10- Procédé selon les revendications 5 à 9, **caractérisé en ce que** l'alcool utilisé soit parmi les alcools éthylique, butylique, isopropylique.



**RAPPORT DE RECHERCHE  
AVEC OPINION SUR LA BREVETABILITE**  
(Conformément aux articles 43 et 43.2 de la loi 17-97 relative à la  
protection de la propriété industrielle telle que modifiée et  
complétée par la loi 23-13)

<b>Renseignements relatifs à la demande</b>	
N° de la demande : 40802	Date de dépôt : 17/08/2017
Déposant : Moroccan foundation for Advanced Science Innovation and Research (MAScIR)	
Intitulé de l'invention : Photocatalyseur monolithique d'oxyde de titane pour la décontamination de l'eau.	
Le présent document est le rapport de recherche avec opinion sur la brevetabilité établi par l'OMPIC conformément aux articles 43 et 43.2, et notifié au déposant conformément à l'article 43.1 de la loi 17-97 relative à la protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.	
Les documents brevets cités dans le rapport de recherche sont téléchargeables à partir du site <a href="http://worldwide.espacenet.com">http://worldwide.espacenet.com</a> , et les documents non brevets sont joints au présent document, s'il y en a lieu.	
Le présent rapport contient des indications relatives aux éléments suivants :	
Partie 1 : Considérations générales	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 1 : Base du présent rapport	
<input type="checkbox"/> Cadre 2 : Priorité	
<input type="checkbox"/> Cadre 3 : Titre et/ou Abrégé tel qu'ils sont définitivement arrêtés	
Partie 2 : Rapport de recherche	
Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité	
<input type="checkbox"/> Cadre 4 : Remarques de clarté	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 5 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle	
<input type="checkbox"/> Cadre 6 : Observations à propos de certaines revendications dont aucune recherche significative n'a pu être effectuée	
<input type="checkbox"/> Cadre 7 : Défaut d'unité d'invention	
Examineur: A EL KADIRI	Date d'établissement du rapport : 11/12/2017
Téléphone: 212 5 22 58 64 14/00	



**Partie 1 : Considérations générales**

*Cadre 1 : base du présent rapport*

Les pièces suivantes de la demande servent de base à l'établissement du présent rapport :

- Description  
8 Pages
- Revendications  
10

**Partie 2 : Rapport de recherche**

**Classement de l'objet de la demande :**

CPC : B01J21/00, B01J21/06, B01J21/063

Bases de données électroniques consultées au cours de la recherche :

**EPOQUE, Orbit**

Catégorie*	Documents cités avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	N° des revendications visées
A	US2007119344 ; 2007-05-31 ; YEUNG KING LUN	1-10
A	US201405679, 2014-02-27, CRISTAL USA INC	1-10

**\*Catégories spéciales de documents cités :**

-« X » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément  
-« Y » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier  
-« A » document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent  
-« P » documents intercalaires ; Les documents dont la date de publication est située entre la date de dépôt de la demande examinée et la date de priorité revendiquée ou la priorité la plus ancienne s'il y en a plusieurs  
-« E » Éventuelles demandes de brevet interférentes. Tout document de brevet ayant une date de dépôt ou de priorité antérieure à la date de dépôt de la demande faisant l'objet de la recherche (et non à la date de priorité), mais publié postérieurement à cette date et dont le contenu constituerait un état de la technique pertinent pour la nouveauté

**Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité**

*Cadre 5 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle*

Nouveauté (N)	Revendications 1-10 Revendications aucune	Oui Non
Activité inventive (AI)	Revendications 1-10 Revendications aucune	Oui Non
Possibilité d'application Industrielle (PAI)	Revendications 1-10 Revendications aucune	Oui Non

Il est fait référence aux documents suivants. Les numéros d'ordre qui leur sont attribués ci-après seront utilisés dans toute la suite de la procédure

D1 : US201405679  
D2 : US2007119344

**1. Nouveauté (N) :**

Aucun document de l'état de l'art cité D1-D2 ne divulgue les mêmes caractéristiques contenues dans les revendications 1-10. Par conséquent, l'objet des revendications 1-10 est nouveau conformément à l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

**2. Activité inventive (AI) :**

Le document D1 considéré comme l'état de l'art le plus proche de l'objet de la revendication 1 divulgue un catalyseur monolithique à base de dioxyde de titane sous forme anatase ou brookite.

L'objet de la revendication 1 diffère de D1 en ce que le photocatalyseur selon la présente demande est composé d'un matériau comprenant le dioxyde titane avec au moins 80% sous forme anatase et 20% sous forme brookite et présente une dimension de 2 nm à 10 nm.

Le problème à résoudre par la présente demande est la fourniture d'un photocatalyseur alternatif à celui de D1.

La solution proposée par la présente demande peut être considérée comme inventive, étant donné que la caractéristique distinctive n'est pas divulguée dans l'état de l'art D1-D2, et l'homme de métier ne trouve aucune incitation de D1 et/ou D2 pour arriver au photocatalyseur comprenant du dioxyde de titane avec 80% anatase et 20% Brookite et présentant les dimensions allant de 2 nm à 10 nm.

Par conséquent, l'objet de la revendication 1 implique une activité inventive conformément à l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

L'objet des revendications 2-4 dépendante de la revendication 1 implique lui aussi une activité inventive conformément à l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

Le même raisonnement s'applique à l'objet de la revendication 5 en tenant dument compte de sa catégorie.

Ainsi l'objet de la revendication 5 et des revendications dépendantes 6-10 implique une activité inventive conformément à l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

**3. Possibilité d'application industrielle (PAI) :**

L'objet de la présente invention est susceptible d'application industrielle au sens de l'article 29 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, parce qu'il présente une utilité déterminée, probante et crédible.