

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 133 768

②1 N° d'enregistrement national : **22 02727**

⑤1 Int Cl⁸ : **B 01 J 23/83 (2022.01)**, B 01 D 53/94, 53/58, B 01 J 21/06, 29/072, F 01 N 3/28

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 28.03.22.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 29.09.23 Bulletin 23/39.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : PSA AUTOMOBILES SA Société par actions simplifiée (SAS) — FR, CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE Etablissement public — FR et Université Claude Bernard - LYON 1 Etablissement public — FR.

⑦2 Inventeur(s) : PAJOT KARINE, HOUILLE SEBASTIEN et VERNOUX Philippe.

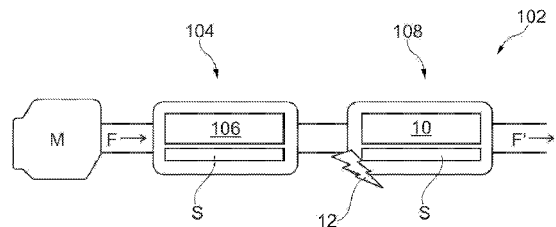
⑦3 Titulaire(s) : PSA AUTOMOBILES SA Société par actions simplifiée (SAS), CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE Etablissement public, Université Claude Bernard - LYON 1 Etablissement public.

⑦4 Mandataire(s) : PSA AUTOMOBILES SA.

⑤4 CATALYSEUR D'OXYDATION D'AMMONIAC À FORTE CONCENTRATION.

⑤7 La présente invention concerne un catalyseur pour l'oxydation d'ammoniac (108) dans un flux de gaz (F), comprenant : un support poreux (S) ; un matériau catalyseur d'oxydation (10), déposé sur le support poreux ; remarquable en ce que le matériau catalyseur d'oxydation comprend de la zircone yttrée stabilisée à l'oxyde d'yttrium, YSZ, et du cuivre imprégné sur ledit YSZ. L'invention concerne également un procédé de traitement de gaz d'échappement d'un véhicule automobile comprenant un moteur à combustion d'ammoniac fonctionnant avec une richesse d'air inférieure ou égale à 1, comprenant l'utilisation d'un système de traitement du flux de gaz (102), comprenant un catalyseur amont (104) comprenant un matériau catalyseur (106) déposé sur le support poreux et configuré pour stocker des oxydes d'azote et/ou l'ammoniac ou réduire les oxydes d'azote dans le flux de gaz, et le catalyseur d'oxydation d'ammoniac selon l'invention, disposé en aval du catalyseur amont.

Figure 2



FR 3 133 768 - A1



Description

Titre de l'invention : CATALYSEUR D'OXYDATION D'AMMONIAC À FORTE CONCENTRATION

Domaine technique

[0001] La présente invention concerne le domaine des catalyseurs de véhicules automobiles. L'invention concerne notamment les catalyseurs destinés au traitement de l'ammoniac issu de véhicules automobiles ayant un moteur à combustion à base d'ammoniac.

Technique antérieure

[0002] La recherche sur les moteurs à combustion d'ammoniac (NH_3) dans le domaine automobile est très récente et très peu de recherches ont été réalisées sur les systèmes de dépollution associés à ce type de motorisation, notamment à très fortes concentrations d'ammoniac (quelques milliers voire dizaines de milliers de ppm) potentiellement associées à l'oxyde d'azote (NO_x).

[0003] Il existe toutefois des solutions de traitement de l'ammoniac sur les systèmes de dépollution des véhicules automobiles comprenant des motorisations Diesel, et notamment depuis la norme Euro 6. En effet, les systèmes de dépollution de tels véhicules comprennent un catalyseur d'oxydation d'ammoniac appelé ASC (acronyme de l'expression anglaise « *Ammonia Slip Catalyst* »), ce dernier étant usuellement agencé en aval d'un catalyseur SCR (acronyme de l'expression anglaise « *Selective Catalytic Reduction* »).

[0004] Dans cette configuration, le catalyseur SCR utilise un gaz réducteur tel que l'ammoniac qui provient de la décomposition d'une solution aqueuse d'urée ($CO(NH_2)_2$) injectée en amont du catalyseur SCR dans la ligne d'échappement du véhicule automobile. À cet effet, le catalyseur d'oxydation d'ammoniac ASC peut traiter les fuites de NH_3 issues du catalyseur SCR, ces fuites ont généralement une concentration de quelques centaines de ppm.

[0005] Cependant, les solutions de traitement de l'ammoniac de l'état de l'art sont adaptées à la combustion de carburants fossiles comme le Diesel suivant un mélange pauvre, i.e. environ 10% d'oxygène (O_2). De plus, de telles solutions comprennent une faible sélectivité en diazote (N_2) qui est bien souvent associée à une forte production d'oxydes nitreux (N_2O).

[0006] En effet, il est à noter que l'oxyde nitreux (N_2O) est un gaz à effet de serre avec un fort potentiel de réchauffement à 100 ans : « 298 CO_2 -eq », i.e. le N_2O contribue 298 fois plus au réchauffement climatique qu'une même masse de CO_2 émise en même temps pendant les 100 ans qui suivent l'émission.

[0007] Le document de brevet publié FR 3 077 507 A1 divulgue un catalyseur pour le

traitement de l'ammoniac issu de la réduction sélective des oxydes d'azote (NO_x) réalisée par un catalyseur SCR et permettant la réduction de la formation de produits parasites de type monoxyde d'azote (NO), dioxyde d'azote (NO_2) et oxyde nitreux (N_2O). Toutefois, la solution décrite dans le document ne correspond pas au traitement des gaz d'échappement ayant une forte concentration d'ammoniac (NH_3) et/ou des oxydes d'azote (NO_x), i.e. quelques dizaines de milliers de ppm de NH_3 et/ou de NO_x .

[0008] Dans ce contexte, il est devenu nécessaire de développer, pour le domaine automobile, une nouvelle composition catalytique destinée au traitement de l'ammoniac ayant une concentration élevée.

Exposé de l'invention

[0009] La présente invention a pour objectif de pallier au moins un des inconvénients de l'état de la technique susmentionné. Plus particulièrement, l'invention a pour objectif de proposer un système de catalyseur capable d'oxyder l'ammoniac (NH_3) ayant une forte concentration, préférentiellement en diazote (N_2) et sans l'oxyde nitreux (N_2O) ou en quantité très limitée de celui-ci qui soit inférieure à 2% des émissions.

[0010] À cet effet, l'invention a pour objet un catalyseur pour l'oxydation d'ammoniac dans un flux de gaz, comprenant : un support poreux ; un matériau catalyseur d'oxydation, déposé sur le support poreux ; remarquable en ce que le matériau catalyseur d'oxydation comprend de la zircone yttriée stabilisée à l'oxyde d'yttrium, YSZ, et du cuivre imprégné sur ledit YSZ.

[0011] Préférentiellement, le matériau catalyseur d'oxydation est dépourvu des métaux issus du groupe du platine, dit MGP ou PGM (acronyme de l'expression anglaise « *Platinum Group Metals* »), incluant notamment, les métaux suivants : Ruthénium (Ru) Rhodium (Rh) Palladium (Pd) Osmium (Os) Iridium (Ir) Platine (Pt) et Rhénium (Re).

[0012] Selon un mode de réalisation, le cuivre est dans une quantité de 1% à 10%, préférentiellement de 3 à 5%, en poids du matériau catalyseur d'oxydation.

[0013] Selon un mode de réalisation, le support poreux est réalisé dans un matériau sélectionné parmi un groupe constitué de carbure de silicium, cordiérite, alumine et titanate d'aluminium et toute combinaison.

[0014] Selon un mode de réalisation, le catalyseur comprend, en outre, un matériau catalyseur de réduction, déposé sur le support poreux et apte à réduire les oxydes d'azote au contact d'ammoniac.

[0015] Selon un mode de réalisation, le matériau catalyseur d'oxydation présente un gradient de concentration décroissant suivant une direction principale d'écoulement du flux de gaz.

[0016] Selon un mode de réalisation, le catalyseur comprend, en outre, un dispositif de chauffage, préférentiellement à résistance électrique, configuré pour amener le

matériau catalyseur d'oxydation à une température supérieure ou égale à 200°C.

- [0017] L'invention a également pour objet un système de traitement d'un flux de gaz, comprenant : un catalyseur amont comprenant un support poreux et un matériau catalyseur déposé sur le support poreux et configuré pour stocker des oxydes d'azote (NO_x) et/ou l'ammoniac (NH_3) ou réduire les oxydes d'azote dans le flux de gaz ; et un catalyseur pour l'oxydation d'ammoniac selon l'invention, disposé en aval du catalyseur amont.
- [0018] Selon un mode de réalisation, le matériau catalyseur du catalyseur amont comprend du fer et/ou du cuivre déposé sur une phase de zéolithe, ou ledit matériau catalyseur comprend de l'oxyde de baryum déposé sur de l'alumine.
- [0019] L'invention a également pour objet un véhicule automobile comprenant un moteur à combustion d'ammoniac et un système de traitement d'un flux de gaz d'échappement dudit moteur à combustion, remarquable en ce que ledit système de traitement d'un flux de gaz est selon l'invention.
- [0020] L'invention a aussi pour objet un procédé de traitement de gaz d'échappement d'un moteur à combustion d'ammoniac, comprenant l'utilisation d'un système de traitement d'un flux de gaz, remarquable en ce que ledit système de traitement d'un flux de gaz est selon l'invention, et en ce que le moteur à combustion d'ammoniac fonctionne avec une richesse d'air inférieure ou égale à 1.
- [0021] La richesse d'air indique la valeur de proportion entre l'air et le carburant du mélange admis dans une chambre de combustion. En effet, la qualité de la combustion peut dépendre de ladite proportion.
- [0022] Préférentiellement, la concentration de l'ammoniac dans le flux de gaz d'échappement est supérieure à 500 ppm.
- [0023] Avantageusement, le véhicule automobile comprenant le système de traitement d'un flux de gaz d'échappement selon l'invention est capable d'oxyder l'ammoniac (NH_3) avec une forte sélectivité en diazote (N_2) et tout en émettant moins de 2% d'oxide nitreux (N_2O).
- [0024] De plus, le catalyseur de l'invention étant dépourvu des métaux issus du groupe du platine qui sont très onéreux, cela permet de diminuer considérablement les coûts de fabrication.

Brève description des dessins

- [0025] [Fig.1] est une représentation schématique d'une vue latérale d'un système de traitement d'un flux de gaz selon un premier mode de réalisation de l'invention ;
- [0026] [Fig.2] représente une vue latérale schématique du système de traitement d'un flux de gaz selon un deuxième mode de réalisation ;
- [0027] [Fig.3] représente une vue latérale schématique du système de traitement d'un flux de

gaz selon un troisième mode de réalisation ;

[0028] [Fig.4] est un premier graphique des résultats expérimentaux suivant un premier protocole d'expérimentation ;

[0029] [Fig.5] est un deuxième graphique des résultats expérimentaux suivant un deuxième protocole d'expérimentation.

Description détaillée

[0030] Dans les trois modes de réalisation du catalyseur de l'invention décrits ci-après en référence aux figures 1 à 3, un support poreux est utilisé et sur lequel un matériau catalyseur et/ou un matériau catalyseur d'oxydation peut être déposé.

[0031] Le support poreux peut être considéré comme un média support catalytique ou un substrat inerte en matériau réfractaire. En effet, le support poreux est réalisé par un matériau tel que du carbure de silicium, ou de cordiérite, ou d'alumine, ou de titanate d'aluminium, ou toute combinaison de ces derniers.

[0032] Les figures 1 à 3 représentent une vue latérale schématique d'un système de traitement d'un flux de gaz F, ce système est préférentiellement une ligne d'échappement d'un véhicule automobile comprenant un moteur M à combustion d'ammoniac fonctionnant avec une richesse d'air inférieure ou égale à 1 et ayant une forte concentration d'ammoniac, i.e. très supérieure à 500 ppm.

[0033] En référence à la [Fig.1], le système de traitement 2 d'un flux de gaz F selon le premier mode de réalisation, comprend le moteur M à combustion d'ammoniac, transmettant le flux de gaz F vers un catalyseur amont 4 comprenant un matériau catalyseur de stockage 6 déposé sur le support poreux S et configuré pour stocker des oxydes d'azote (NO_x) et/ou de l'ammoniac (NH_3) à des températures basses, i.e. inférieures à 150°C.

[0034] À cet égard, le matériau catalyseur de stockage 6 du catalyseur amont 4 peut, par exemple, comprendre du fer et/ou du cuivre déposé sur une phase de zéolithe. Un autre exemple de composition du matériau catalyseur de stockage 6 est de l'oxyde de baryum déposé sur de l'alumine.

[0035] Le système de traitement 2 comprend en outre un catalyseur pour l'oxydation d'ammoniac 8 comprenant le matériau catalyseur d'oxydation 10 agencé en aval du catalyseur amont 4 et déposé sur le support poreux S.

[0036] Le matériau catalyseur d'oxydation 10 est un conducteur ionique par des ions oxyde comprenant de la zircone yttriée stabilisée à l'oxyde d'yttrium, communément désignée « YSZ », et du cuivre imprégné sur ledit YSZ.

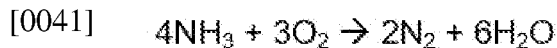
[0037] La zircone yttriée est préférentiellement de formule $(ZrO_2)_{0.92}(Y_2O_3)_{0.08}$ et imprégnée avec 1 à 10% en masse et, de préférence, avec 3 à 5% et ici 5% de cuivre au moyen d'une méthode d'imprégnation par voie humide. Cette méthode consiste à mélanger

une poudre de zircone yttrée avec une solution aqueuse de nitrate d'oxyde de cuivre (Cu(II)) de concentration choisie, d'évaporer le mélange avec un évaporateur rotatif et d'effectuer une calcination à 700°C pendant une durée d'au moins 3h, et préférentiellement une durée de 4h.

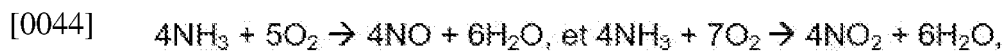
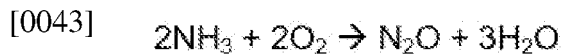
[0038] Dans cette configuration, le matériau catalyseur d'oxydation 10 sera désigné par le matériau Cu-YSZ 10 dans la présente description.

[0039] Le catalyseur pour l'oxydation d'ammoniac 8 est apte à oxyder les molécules d'ammoniac en forte concentration dans le gaz sortant du catalyseur amont 4 et ceci en présence du monoxyde d'azote (*NO*).

[0040] L'oxydation de l'ammoniac étant suivant la formule :



[0042] Parallèlement, le catalyseur de l'invention est capable d'éviter les réactions parasites suivantes :



[0045] À cet effet, le système de traitement 2 permet d'émettre un flux de gaz traité F' comprenant principalement du diazote (*N*₂).

[0046] La [Fig.2], représente une vue latérale schématique du système de traitement d'un flux de gaz selon un deuxième mode de réalisation.

[0047] Il est à noter que les signes de référence du premier mode de réalisation de la [Fig.1] sont utilisés au deuxième mode de réalisation pour désigner les éléments identiques ou équivalents, lesdits éléments équivalents ayant toutefois des numéros majorés de 100.

[0048] En référence à la [Fig.2], le système de traitement 102 du flux de gaz F selon le deuxième mode de réalisation, comprend le moteur M à combustion d'ammoniac, transmettant le flux de gaz F au catalyseur amont 104 comprenant un matériau catalyseur de réduction 106 déposé sur le support poreux S et configuré pour réduire la quantité d'oxydes d'azote (*NO_x*) au contact de l'ammoniac dans le flux de gaz F.

[0049] De préférence, le matériau catalyseur de réduction 106 du catalyseur amont 104 comprend du fer et/ou du cuivre déposé sur une phase de zéolithe, et plus préférentiellement, déposé sur une phase de chabazite. À cet égard, le matériau catalyseur de réduction 106 est préférentiellement fabriqué en Fe-CHA ou en Cu-CHA.

[0050] Le système de traitement 102 comprend en aval du catalyseur amont 104, un catalyseur pour l'oxydation d'ammoniac 108 comprenant le matériau catalyseur d'oxydation 10, ledit catalyseur pour l'oxydation d'ammoniac 108 étant apte à oxyder les molécules d'ammoniac en forte concentration dans le gaz sortant du catalyseur amont 104

- [0051] Le catalyseur pour l'oxydation d'ammoniac 108 est similaire au catalyseur pour l'oxydation d'ammoniac 8 selon le premier mode de réalisation, et comprend en outre, un dispositif de chauffage 12, préférentiellement à résistance électrique, configuré pour amener le matériau catalyseur d'oxydation 10 à une température supérieure ou égale à 200°C.
- [0052] En effet, sur le catalyseur pour l'oxydation d'ammoniac 108, pour atteindre la température d'activité catalytique d'oxydation, il est nécessaire d'augmenter la température du matériau catalyseur d'oxydation 10.
- [0053] La [Fig.3] représente une vue latérale schématique du système de traitement d'un flux de gaz selon un troisième mode de réalisation.
- [0054] Les signes de référence du premier mode de réalisation de la [Fig.2] sont utilisés au troisième mode de réalisation pour désigner les éléments identiques ou équivalents, lesdits éléments équivalents ayant toutefois des numéros incrémentés de 100.
- [0055] En référence à la [Fig.3], le système de traitement 202 du flux de gaz F selon le troisième mode de réalisation, comprend un catalyseur pour l'oxydation d'ammoniac 208, ce dernier étant de préférence composé en bi-couche du matériau catalyseur de réduction 106 étant identique à celui du catalyseur amont 104 de la [Fig.2] et déposé sur le support poreux S, et du matériau catalyseur d'oxydation 100 étant similaire au matériau catalyseur d'oxydation 10 de la [Fig.2].
- [0056] Toutefois, le matériau catalyseur d'oxydation 100 selon le troisième mode de réalisation, présente un gradient de concentration, ou gradient de charge de Cu-YSZ décroissant suivant une direction principale d'écoulement du flux de gaz F. Cela permet au catalyseur 208 d'être libre de tout dispositif de chauffage.
- [0057] En effet, l'oxydation de l'ammoniac étant exothermique, le gradient de charge décroissant de Cu-YSZ permet de maximiser la conductivité thermique à l'entrée du catalyseur 208 permettant ainsi d'atteindre la température d'activité catalytique d'oxydation.
- [0058] Il est à noter que le catalyseur pour l'oxydation d'ammoniac 208 peut comprendre le matériau catalyseur d'oxydation 100 directement déposé sur le support poreux S, et comprenant le matériau catalyseur de réduction 106 directement au-dessus dudit matériau catalyseur d'oxydation 100.
- [0059] Les figures 5 et 6 illustrent des graphiques des résultats expérimentaux réalisés suivant deux protocoles d'expérimentation. Le gaz analysé suivant les deux protocoles d'expérimentation peut être le gaz d'échappement F' traité suivant un procédé de traitement de gaz d'échappement du moteur à combustion d'ammoniac comprenant l'utilisation d'un système de traitement selon un des systèmes de traitement du flux de gaz F des figures 1 à 3.
- [0060] Les mesures d'activité catalytiques du catalyseur Cu-YSZ ainsi synthétisé ont été

réalisées dans les conditions suivantes : un mélange homogène de 100 mg de poudre de Cu-YSZ (YSZ commerciale disponible chez TOSOH©) et 400 mg de poudre neutre de carbure de silicium (*SiC*) (superfine 600 grit, réf. A13561, granulométrie D50=9.3 µm) dans un réacteur en quartz en U.

- [0061] La poudre de Cu-YSZ a été stabilisée par calcination préalable pendant 4 heures à une température de 980°C et avec la présence de diazote (N_2) +10% d'eau, afin de se rapprocher d'un état de vieillissement comparable à quelques dizaines de milliers de km.
- [0062] Les concentrations d'ammoniac et des produits de réaction avec le catalyseur d'oxydation (Cu-YSZ), sont mesurées et déterminées à l'aide d'un micro-chromatographe (SRA3000, analyse N_2 et O_2) et d'un analyseur infra-rouge multigaz (MKS 2030, analyse de NO, NO_2 , N_2O , H_2O et NH_3).
- [0063] En référence à la [Fig.5], le premier graphique illustre les résultats suivant le premier protocole d'expérimentation, dans lequel les conditions expérimentales des oxydations étant en température programmée, i.e. 150°C à 800°C ; 5°C/min, pour un mélange de gaz proche de la richesse 1 (richesse ≤ 1), et le débit de gaz étant de 30 L/h, et la nature de ce dernier étant : 8500 ppm de NH_3 , 1% O_2 , 5% d' H_2O .
- [0064] Dans cette configuration, les résultats montrent, les bonnes performances catalytiques de Cu-YSZ à oxyder l'ammoniac avec une forte sélectivité en N_2 (env. 80% des produits formés) et une quasi absence de production de N_2O ($\ll 2\%$ des produits formés).
- [0065] Les résultats du premier graphique peuvent être représentés dans le tableau 1 ci-après :

[0066] [Tableaux1]

	% NH_3 converti	% N_2O produit	% NO produit	% N_2 produit	% NO_2 produit
Cu-YSZ	22	0,5	18	81	0

- [0067] En effet, les catalyseurs conventionnels à base de platine (*Pt*) par exemple peuvent produire jusqu'à 8% de N_2O dans les mêmes conditions que le premier protocole d'expérimentation.
- [0068] En référence à la [Fig.5], le deuxième graphique illustre les résultats suivant le deuxième protocole d'expérimentation, dans lequel les conditions expérimentales des oxydations étant similaires à celle du premier protocole de la [Fig.5] et avec l'addition 2080 ppm de NO dans le gaz.
- [0069] À cet effet, les mesures montrent que la performance du catalyseur à oxyder NH_3 est améliorée. En effet, alors que la température de « light off », i.e. température où 50% de l'ammoniac est converti, est de 594°C sans NO, elle est de 470°C en présence de

NO avec une légère production de N_2O qui reste cependant strictement inférieure à 2%.

[0070] En conséquence, les performances catalytiques de Cu-YSZ à oxyder l'ammoniac ont été démontrées avec une forte sélectivité en N_2 et une quasi absence de production de N_2O .

[0071] Les modes de réalisation décrits ci-dessus ne sont donnés qu'à titre d'exemples non limitatifs. Il est explicitement prévu que l'on puisse combiner entre eux ces différents modes pour en proposer d'autres modes de réalisation permettant d'oxyder l'ammoniac (NH_3) à forte concentration.

Revendications

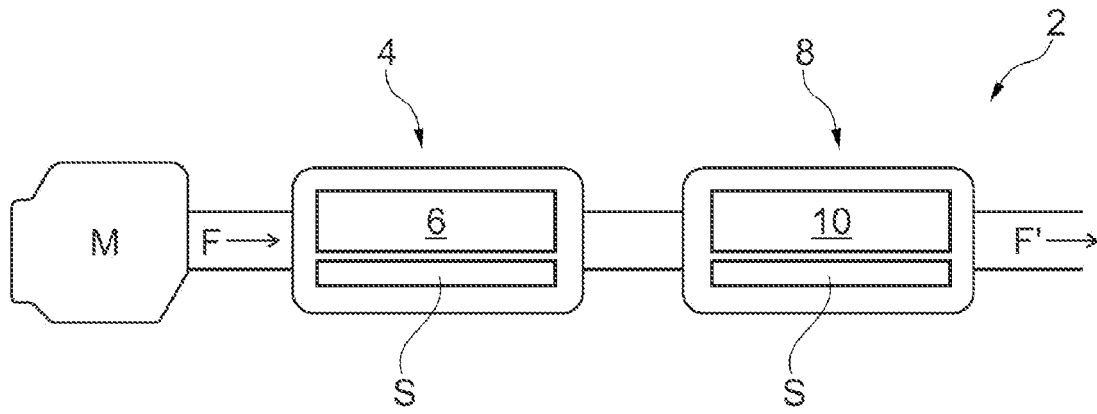
- [Revendication 1] Catalyseur pour l'oxydation d'ammoniac (8 ; 108 ; 208) dans un flux de gaz (F), comprenant :
- un support poreux (S) ;
 - un matériau catalyseur d'oxydation (10 ; 100), déposé sur le support poreux (S) ;
 - caractérisé en ce que le matériau catalyseur d'oxydation (10 ; 100) comprend de la zircone yttriée stabilisée à l'oxyde d'yttrium, YSZ, et du cuivre imprégné sur ledit YSZ.
- [Revendication 2] Catalyseur (8 ; 108 ; 208) selon la revendication 1, caractérisé en ce que le cuivre est dans une quantité de 1% à 10%, préférentiellement de 3 à 5%, en poids du matériau catalyseur d'oxydation (10 ; 100).
- [Revendication 3] Catalyseur (8 ; 108 ; 208) selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que le support poreux (S) est réalisé dans un matériau sélectionné parmi un groupe constitué de carbure de silicium, cordiérite, alumine et titanate d'aluminium et toute combinaison.
- [Revendication 4] Catalyseur (208) selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que ledit catalyseur (208) comprend, en outre, un matériau catalyseur de réduction (106), déposé sur le support poreux (S) et apte à réduire les oxydes d'azote au contact d'ammoniac.
- [Revendication 5] Catalyseur (208) selon la revendication 4, caractérisé en ce que le matériau catalyseur d'oxydation (100) présente un gradient de concentration décroissant suivant une direction principale d'écoulement du flux de gaz (F).
- [Revendication 6] Catalyseur (108) selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que ledit catalyseur (108) comprend, en outre, un dispositif de chauffage (12), préférentiellement à résistance électrique, configuré pour amener le matériau catalyseur d'oxydation (10) à une température supérieure ou égale à 200°C.
- [Revendication 7] Système de traitement d'un flux de gaz (2 ; 102 ; 202), comprenant :
- un catalyseur amont (4 ; 104) comprenant un support poreux (S) et un matériau catalyseur (6 ; 106) déposé sur le support poreux (S) et configuré pour stocker des oxydes d'azote et/ou l'ammoniac ou réduire les oxydes d'azote dans le flux de gaz (F) ;
 - un catalyseur (8 ; 108) suivant l'une des revendications 1 à 6, disposé en aval du catalyseur amont (4 ; 104).
- [Revendication 8] Système (2 ; 102) selon la revendication 7, caractérisé en ce que le

matériau catalyseur (6 ; 106) du catalyseur amont (4 ; 104) comprend du fer et/ou du cuivre déposé sur une phase de zéolithe, ou ledit matériau catalyseur (6 ; 106) comprend de l'oxyde de baryum déposé sur de l'alumine.

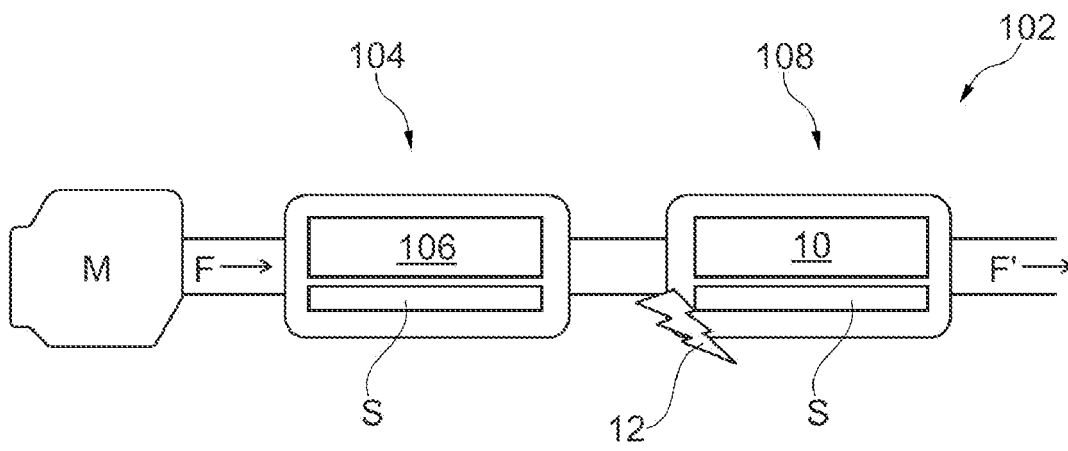
[Revendication 9] Véhicule automobile comprenant un moteur à combustion d'ammoniac et un système de traitement d'un flux de gaz d'échappement (2 ; 102 ; 202) dudit moteur à combustion, caractérisé en ce que ledit système de traitement d'un flux de gaz (2 ; 102 ; 202) est selon l'une des revendications 7 et 8.

[Revendication 10] Procédé de traitement de gaz d'échappement d'un moteur à combustion d'ammoniac, comprenant l'utilisation d'un système de traitement d'un flux de gaz (2 ; 102 ; 202), caractérisé en ce que ledit système de traitement d'un flux de gaz (2 ; 102 ; 202) est selon l'une des revendications 7 et 8, et en ce que le moteur à combustion d'ammoniac fonctionne avec une richesse d'air inférieure ou égale à 1.

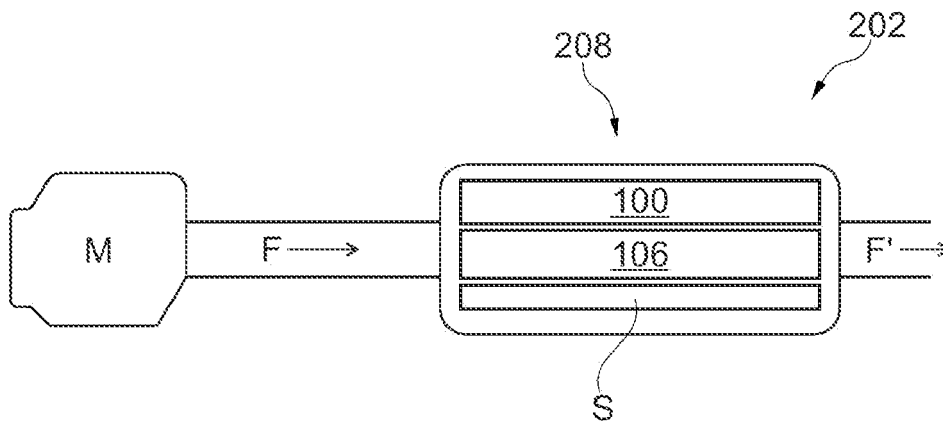
[Fig. 1]



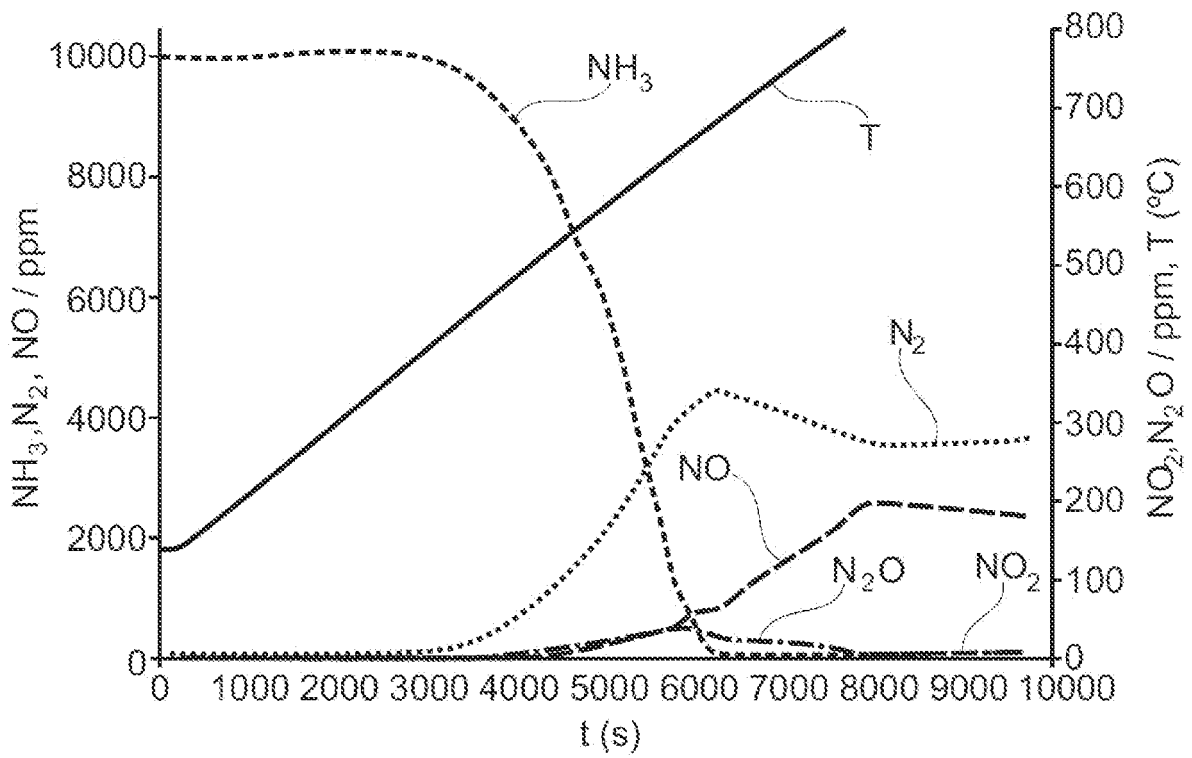
[Fig. 2]



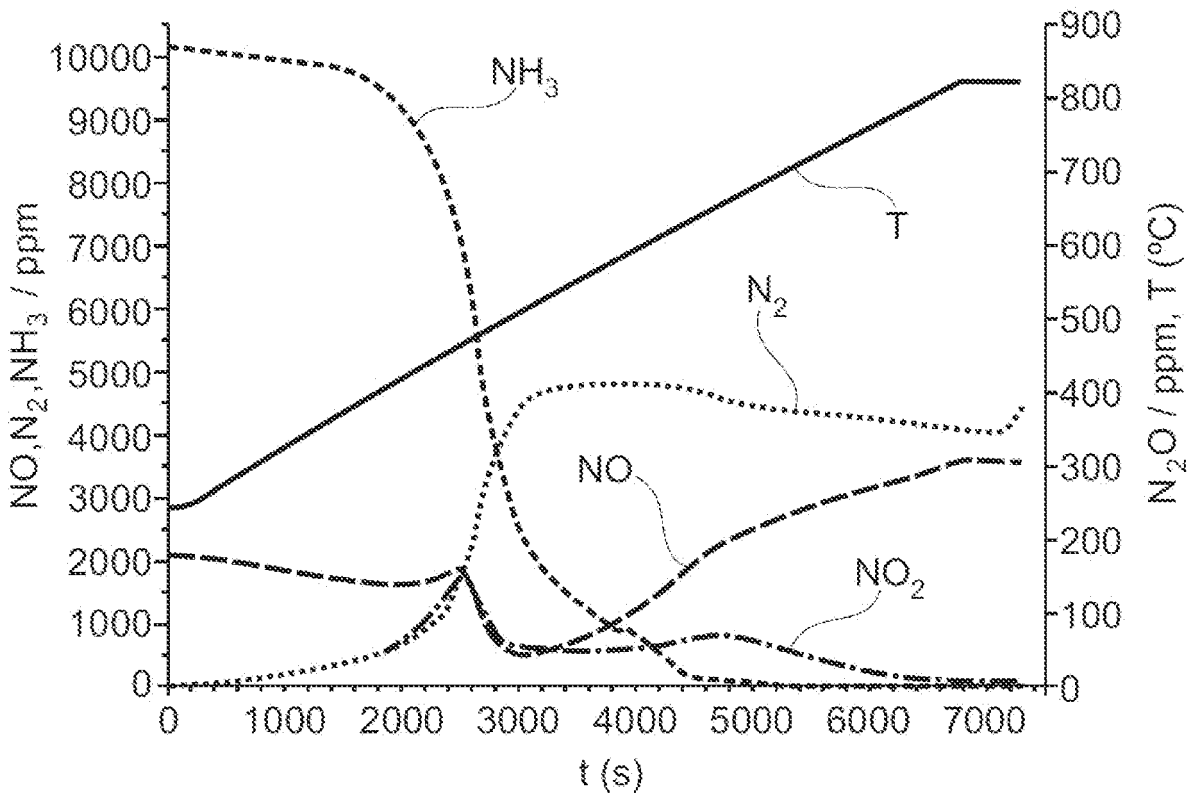
[Fig. 3]



[Fig. 4]



[Fig. 5]



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

FA 904559
FR 2202727

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	DOW WEI-PING ET AL: "Yttria-Stabilized Zirconia Supported Copper Oxide Catalyst II. Effect of Oxygen Vacancy of Support on Catalytic Activity for CO Oxidation", JOURNAL OF CATALYSIS, vol. 160, 1 mai 1996 (1996-05-01), pages 171-182, XP055982044,	1-3	B01J23/83 B01D53/94 B01D53/58 B01J21/06 B01J29/072 F01N3/28
Y	* page 172, colonne de droite, alinéa 2. Experimental - page 173, colonne de gauche, alinéa 3 *	6	
X	CHIN-CHENG CHIEN ET AL: "Effect of Oxygen Vacancy on CO-NO-O2 Reaction over Yttria-Stabilized Zirconia-Supported Copper Oxide Catalyst", INDUSTRIAL & ENGINEERING CHEMISTRY RESEARCH, AMERICAN CHEMICAL SOCIETY, vol. 36, no. 5, 1 janvier 1997 (1997-01-01), pages 1544-1551, XP002573232, ISSN: 0888-5885, DOI: 10.1021/IE9602724	1-3	
Y	* page 1544, colonne de droite, dernier alinéa - page 1545, colonne de gauche, alinéas 1,3; tableau 1 *	6	
Y	FR 3 062 680 A1 (PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES SA [FR]) 10 août 2018 (2018-08-10) * alinéa [0049] - alinéa [0054]; figure 3 *	6	
A	EP 2 573 376 A1 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]) 27 mars 2013 (2013-03-27) * alinéas [0009], [0010], [0029]; figure 1 *	4,5,7-10	
		----- -/--	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			B01J B01D F01N F02M
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
16 novembre 2022		Beckmann, Oliver	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

FA 904559
FR 2202727

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	<p>JABLONSKA MAGDALENA ET AL: "Copper based catalysts for the selective ammonia oxidation into nitrogen and water vapour-Recent trends and open challenges", APPLIED CATALYSIS B. ENVIRONMENTAL, vol. 181, 5 août 2015 (2015-08-05), pages 332-351, XP055981304, AMSTERDAM, NL ISSN: 0926-3373, DOI: 10.1016/j.apcatb.2015.07.017 * page 335, colonne de gauche, alinéa 4.1; tableau 2 *</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
16 novembre 2022		Beckmann, Oliver	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p>		<p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>	

1
EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2202727 FA 904559**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **16-11-2022**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 3062680	A1	10-08-2018	AUCUN	

EP 2573376	A1	27-03-2013	CN 102906409 A	30-01-2013
			EP 2573376 A1	27-03-2013
			JP 5310945 B2	09-10-2013
			JP WO2011145434 A1	22-07-2013
			US 2011283959 A1	24-11-2011
			WO 2011145434 A1	24-11-2011
