

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ **DISPOSITIF ET PROCEDE POUR EMETTRE UN RAYONNEMENT INFRAROUGE PAR COMBUSTION CATALYTIQUE, ET MODULE DE COMMANDE POUR COMMANDER UN TEL DISPOSITIF SUIVANT UN TEL PROCEDE.**

②② **Date de dépôt :** 30.03.12.

③③ **Priorité :**

⑥⑥ **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

○ **Demande(s) d'extension :**

⑦① **Demandeur(s) :** SUNAERO-HELITEST Société par actions simplifiée — FR.

④③ **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 04.10.13 Bulletin 13/40.

④⑤ **Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention :** 13.07.18 Bulletin 18/28.

⑤⑥ **Liste des documents cités dans le rapport de recherche :**

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② **Inventeur(s) :** COMOGLIO BRUNO et REGOND THIERRY.

⑦③ **Titulaire(s) :** SUNAERO-HELITEST Société par actions simplifiée.

⑦④ **Mandataire(s) :** CABINET GERMAIN ET MAUREAU Société civile.

FR 2 988 812 - B1



La présente invention concerne un dispositif pour émettre un rayonnement infrarouge par combustion catalytique. De plus, la présente invention concerne un procédé pour émettre un rayonnement infrarouge par combustion catalytique. En outre, la présente invention concerne un module
5 de commande pour commander un dispositif selon l'invention suivant un procédé selon l'invention.

La présente invention trouve notamment application dans le domaine de l'émission d'un rayonnement infrarouge, car un dispositif selon l'invention permet de former une source radiante de superficie étendue. En
10 particulier, la présente invention trouve application dans le domaine de la réparation, par reconstruction ou reconstitution, d'un objet ou d'une pièce en matériau composite, dont la surface ou l'épaisseur présente un défaut à réparer. De plus, la présente invention trouve application dans le domaine du séchage ou de la polymérisation de revêtements sur des pièces disposées
15 dans un four ou dans un tunnel chauffant.

FR2791416A1 décrit un dispositif émettant un rayonnement infrarouge par combustion catalytique et comprenant :

- un réceptacle de gaz combustible formé par des parois externes définissant une ouverture principale ;
- 20 - un support catalytique couvrant l'ouverture principale et présentant des orifices de sortie du gaz combustible et du gaz oxydant ; et
- des injecteurs de gaz combustible dans le réceptacle.

Le dispositif de FR2791416A1 réalise une émission dite
25 surfacique, car l'une de ses faces émet en tout point un rayonnement infrarouge. Le rayonnement infrarouge émis par le dispositif de FR2791416A1 a une longueur d'onde comprise entre 2 μm et 10 μm . Le dispositif contrôle globalement la puissance calorifique émise par l'ouverture principale, en modulant la pression du gaz combustible introduit dans le réceptacle.

30 Cependant, un dispositif de l'art antérieur ne permet pas de contrôler précisément la puissance calorifique émise en tout point de l'ouverture principale. En outre, comme sa longueur d'onde est comprise entre 2 μm et 10 μm , le rayonnement infrarouge ne peut être utilisé que pour réparer des défauts superficiels, mais pas pour réparer des défauts profonds, situés dans
35 l'épaisseur d'un objet ou d'une pièce en matériau composite. De plus, un dispositif de l'art antérieur ne permet pas de réparer des objets ou pièces présentant une forme courbe.

La présente invention vise notamment à résoudre, en tout ou partie, les problèmes mentionnés ci-avant.

A cet effet, l'invention a pour objet un dispositif, pour émettre un rayonnement infrarouge par combustion catalytique d'un mélange d'un gaz combustible, tel qu'un gaz d'hydrocarbure, et d'un gaz oxydant, tel que l'air, le dispositif comprenant :

- des parois externes agencées pour délimiter un réceptacle destiné à recevoir du gaz combustible, les parois externes étant agencées de façon à définir au moins une ouverture principale ;
- au moins un support dit catalytique comprenant une matière catalytique adaptée pour catalyser la combustion, ledit au moins un support catalytique étant disposé de façon à couvrir substantiellement ladite au moins une ouverture principale, ledit au moins un support catalytique présentant une pluralité d'orifices de sortie permettant le passage du gaz combustible et du gaz oxydant ; et
- des moyens d'alimentation pour introduire du gaz combustible dans le réceptacle ;

le dispositif étant caractérisé en ce qu'il comprend en outre des parois internes agencées de façon à diviser le réceptacle en plusieurs compartiments ;

les moyens d'alimentation comprenant plusieurs orifices d'introduction traversant une ou plusieurs des parois externes, les orifices d'introduction étant agencés de sorte que chaque compartiment est en communication de gaz avec au moins un orifice d'introduction.

Ainsi, un tel dispositif permet d'émettre un rayonnement infrarouge avec une puissance sélectivement répartie sur toute la superficie du support catalytique, ce qui augmente la fiabilité et la robustesse de la pièce réparée. Par exemple, un dispositif selon l'invention permet d'atteindre une précision de $\pm 2^{\circ}\text{C}$ en tout point de la cible tout en chauffant les compartiments respectifs à des températures semblables ou distinctes.

En particulier, un tel dispositif permet de réparer une pièce de forme courbe. En effet, chaque compartiment peut être alimenté en mélange suivant des paramètres individuels (en pression et débit de gaz combustible par exemple), si bien que chaque compartiment peut émettre un rayonnement infrarouge avec une puissance et/ou un spectre indépendant des autres compartiments.

Dans le cas d'une pièce convexe, les compartiments situés sur la périphérie du dispositif pourront émettre avec plus de puissance que les compartiments situés au centre du dispositif, ce qui permet de traiter la pièce courbe sur une profondeur (nombre de plis) uniforme.

5 Inversement, dans le cas d'une pièce concave, les compartiments situés sur la périphérie du dispositif pourront émettre avec moins de puissance que les compartiments situés au centre du dispositif, ce qui permet de traiter la pièce courbe sur une profondeur (nombre de plis) uniforme.

10 De manière surprenante, on constate qu'un dispositif conforme à l'invention permet en outre d'émettre un rayonnement infrarouge dont le spectre de longueurs d'ondes peut s'étendre entre 2 μm et 65 μm , alors que le spectre de longueurs d'ondes d'un dispositif de l'art antérieur s'étend généralement entre 2 μm et 18 μm .

15 Un tel spectre de longueurs d'ondes (2 μm et 65 μm) d'un dispositif conforme à l'invention permet de réparer une pièce sur une profondeur plus grande que ne le permet le spectre de longueurs d'ondes d'un dispositif de l'art antérieur. Par exemple, un dispositif conforme à l'invention permet de réparer une pièce jusqu'à environ 120 plis de profondeur, tandis
20 qu'un dispositif de l'art antérieur permet de réparer une pièce seulement jusqu'à 10 plis de profondeur.

Selon une variante de l'invention, les moyens d'alimentation comprennent au moins un orifice d'introduction pour chaque compartiment respectif. Ainsi, le débit de gaz combustible introduit dans le réceptacle peut
25 être commandé pour chaque compartiment.

Selon une variante alternative de l'invention, les moyens d'alimentation comprennent au moins un orifice d'introduction qui est en communication de gaz avec deux compartiments adjacents. Ainsi, une telle disposition d'un orifice d'introduction permet de limiter le nombre de vannes à
30 commander en amont des d'orifices d'introduction.

Selon une autre variante de l'invention, les orifices d'introduction traversent la paroi externe opposée à l'ouverture principale. Ainsi, un tel emplacement des orifices d'introduction diminue les contraintes d'encombrement pour relier les conduites d'alimentation au dispositif. De plus,
35 un tel emplacement des orifices d'introduction induit des pertes de charges faibles. La paroi externe opposée à l'ouverture principale est la paroi externe qui fait face à l'ouverture principale.

Selon un mode de réalisation de l'invention, les moyens d'alimentation comprennent en outre des embouts de raccordement disposés respectivement sur les orifices d'introduction, chaque embout de raccordement étant conformé pour la fixation d'une conduite adaptée pour le passage d'un flux de gaz combustible.

Ainsi, de tels embouts de raccordement permettent de raccorder des conduits d'alimentation en gaz combustible au réceptacle de manière étanche et fiable.

Selon un mode de réalisation de l'invention, le réceptacle et le support catalytique occupent un volume globalement plat.

Ainsi, un tel dispositif a un encombrement réduit.

Selon un mode de réalisation de l'invention, le support catalytique présente une surface globalement plane.

Ainsi, un tel support catalytique permet de réparer des pièces ayant une surface plane.

Selon une variante de l'invention, le support catalytique présente, à l'opposé du réceptacle, une surface globalement courbe. Ainsi, un tel support catalytique permet aussi de réparer des pièces ayant une surface courbe, par exemple cylindrique ou sphérique.

Selon un mode de réalisation de l'invention, le support catalytique est formé par une plaque perforée ou par une grille.

Ainsi, les orifices de sortie présentent une forme et une superficie constante, ce qui permet de répartir uniformément les flux de gaz combustible sortant localement de chaque compartiment.

Selon une variante de l'invention, le support catalytique est formé par une plaque poreuse perméable au gaz combustible et au gaz oxydant. Ainsi, une telle plaque poreuse ne nécessite pas d'usinage pour former les orifices de sortie.

Selon une variante de l'invention, le support catalytique comporte un matériau réfractaire. Ainsi, un tel matériau réfractaire présente une résistance thermique élevée, donc une longue durée de service.

Selon un mode de réalisation de l'invention, la matière catalytique est sélectionnée dans le groupe constitué du platine (Pt) et du palladium (Pd).

Ainsi, une telle matière catalytique permet de réaliser une combustion catalytique avec un rendement efficace.

Selon un mode de réalisation de l'invention, les compartiments ont des superficies équivalentes et comprises entre 50 mm² et 50 000 mm².

Ainsi, de telles superficies permettent de répartir sensiblement uniformément le débit de gaz combustible sur toute la superficie d'un compartiment respectif, car les pertes de charge dans le compartiment sont négligeables pour de telles superficies.

5 Selon un mode de réalisation de l'invention, le réceptacle a globalement la forme d'un parallélépipède rectangle et plat, les parois internes s'étendant suivant deux directions perpendiculaires entre elles et à des parois externes respectives, de sorte que les parois internes quadrillent le réceptacle en plusieurs compartiments ayant chacun une section
10 globalement rectangulaire.

Ainsi, un tel réceptacle « quadrillé » présente une forme et un agencement simple à fabriquer et à faire fonctionner.

Selon une variante de l'invention, chaque compartiment a une longueur comprise entre 7 mm et 300 mm, de préférence entre 10 mm et
15 230 mm, et une largeur comprise entre 7 mm et 300 mm, de préférence entre 10 mm et 230 mm. Ainsi, de tels compartiments contribuent à répartir uniformément le flux de gaz combustible, car les pertes de charge dans un compartiment sont négligeables.

Selon une variante de l'invention, les parois internes quadrillent
20 le réceptacle en neuf compartiments ayant chacun une section globalement rectangulaire, les neuf compartiments ayant des superficies équivalentes, chaque compartiment a une longueur comprise entre 7 mm et 300 mm, de préférence entre 10 mm et 230 mm, et une largeur comprise entre 7 mm et 300 mm, de préférence entre 10 mm et 230 mm. Ainsi, de tels
25 compartiments sont dimensionnés pour traiter la plupart des pièces à réparer.

Selon une variante de l'invention, le réceptacle a globalement la forme d'un cylindre plat, de préférence à base circulaire, des parois internes s'étendant respectivement suivant des directions radiales et suivant au moins
30 un anneau coaxial à la base du réceptacle. Ainsi, une telle forme circulaire permet d'émettre un rayonnement infrarouge à section en disque.

Selon un mode de réalisation de l'invention, chaque orifice de sortie a une superficie comprise entre 10 mm² et 10 000 mm², de préférence entre 12 mm² et 1000 mm², chaque orifice d'introduction ayant de préférence
35 une section circulaire.

Ainsi, de tels orifices de sortie ne génèrent pas de pertes de charge significatives et ils contribuent à réaliser une combustion catalytique proche des conditions stœchiométriques.

Selon une variante de l'invention, un rapport de sortie ayant :

- pour numérateur, la superficie totale occupée par l'ensemble des orifices de sortie ; et
- pour dénominateur, la superficie de l'ouverture principale ;

5 est compris entre 40% et 90%, de préférence compris entre 50% et 80%, de préférence encore compris entre 55% et 75%. Ainsi, un tel rapport de sortie permet d'obtenir une densité surfacique élevée pour la puissance de combustion catalytique.

10 Selon une variante de l'invention, chaque orifice d'introduction est disposé sensiblement au droit du centre d'un compartiment respectif. Dans la présente demande, le terme « centre » désigne le centre de gravité du volume délimitant le compartiment. Un orifice d'introduction ainsi positionné contribue à répartir uniformément le flux de gaz combustible dans le compartiment correspondant.

15 Selon une variante de l'invention, le dispositif comprend en outre des raidisseurs solidaires du support catalytique, les raidisseurs étant disposés près des parois internes et/ou près des parois externes. Ainsi, de tels raidisseurs permettent de rigidifier le support catalytique, ce qui lui confère une résistance mécanique élevée. Ces raidisseurs sont
20 particulièrement utiles lorsque le support catalytique est formé d'une simple plaque mince telle qu'une grille.

 Selon un mode de réalisation de l'invention, le dispositif comprend en outre au moins un capteur de température, de préférence du type thermocouple, le ou chaque capteur de température étant agencé pour
25 mesurer la température dans un compartiment respectif.

 Ainsi, un tel capteur de température permet de mesurer la température régnant dans le compartiment correspondant, ce qui permet d'ajuster les paramètres de combustion, tels que débits de gaz combustible et de gaz oxydant, pour optimiser la combustion, en particulier pour travailler
30 dans des conditions stœchiométriques.

 Selon une variante de l'invention, les parois internes sont soudées entre elles, et dans lequel les parois externes sont soudées entre elles. Ainsi, de telles soudures permettent de rigidifier la structure d'un dispositif conforme à l'invention.

35 Selon un mode de réalisation de l'invention, les parois internes sont composées d'un matériau sélectionné dans le groupe constitué par un acier, un alliage d'aluminium, un matériau composite et un matériau organique tel qu'un plastique de synthèse thermdurcissable.

Ainsi, de telles parois internes présentent des résistances élevées aux contraintes mécaniques, de corrosion, de fluage etc.

Selon une variante de l'invention, au moins l'un des compartiments, dit compartiment périphérique, s'étend sur la périphérie de l'ouverture principale. Ainsi, un tel compartiment périphérique permet d'éviter les effets de bord dans la distribution de la puissance d'émission du rayonnement infrarouge.

Selon des variantes de l'invention, le dispositif peut comprendre un seul support catalytique ou, alternativement, plusieurs supports catalytiques adjacents.

Selon des variantes de l'invention, le réceptacle peut présenter une seule ouverture principale ou, alternativement, plusieurs ouvertures principales voisines.

Par ailleurs, la présente invention a pour objet un procédé, pour émettre un rayonnement infrarouge par combustion catalytique d'un mélange d'un gaz combustible, tel qu'un gaz d'hydrocarbure, et d'un gaz oxydant, tel que l'air, le procédé comprenant les étapes :

- 101) mettre en œuvre un dispositif selon l'invention ;
- 102) actionner plusieurs vannes appartenant à un module de commande de façon à permettre le passage de plusieurs flux de gaz combustible vers plusieurs conduites reliées respectivement à plusieurs compartiments ;
- 103) moduler individuellement le débit et/ou la pression de chaque flux de gaz combustible ;
- 104) introduire du gaz combustible dans plusieurs compartiments ; et
- 105) déclencher la combustion du mélange près du support catalytique.

Ainsi, un tel procédé permet d'émettre un rayonnement infrarouge avec une puissance sélectivement répartie sur toute la superficie du support catalytique, ce qui augmente la fiabilité et la robustesse de la pièce réparée. Par exemple, un dispositif selon l'invention permet d'atteindre une précision de $\pm 2^{\circ}\text{C}$ en tout point de la cible tout en chauffant les compartiments respectifs à des températures semblables ou distinctes.

En particulier, un tel dispositif permet de réparer une pièce de forme courbe. En effet, chaque compartiment peut être alimenté en mélange suivant des paramètres individuels (en pression et débit de gaz combustible par exemple), si bien que chaque compartiment peut émettre un rayonnement

infrarouge avec une puissance et/ou un spectre indépendant des autres compartiments.

Dans le cas d'une pièce convexe, les compartiments situés sur la périphérie du dispositif pourront émettre avec plus de puissance que les
5 compartiments situés au centre du dispositif, ce qui permet de traiter la pièce courbe sur une profondeur (nombre de plis) uniforme.

Inversement, dans le cas d'une pièce concave, les compartiments situés sur la périphérie du dispositif pourront émettre avec moins de puissance que les compartiments situés au centre du dispositif, ce
10 qui permet de traiter la pièce courbe sur une profondeur (nombre de plis) uniforme.

De manière surprenante, on constate qu'un dispositif conforme à l'invention permet en outre d'émettre un rayonnement infrarouge dont le spectre de longueurs d'ondes peut s'étendre entre 2 μm et 65 μm , alors que
15 le spectre de longueurs d'ondes d'un dispositif de l'art antérieur s'étend généralement entre 2 μm et 18 μm .

Un tel spectre de longueurs d'ondes (2 μm et 65 μm) d'un dispositif conforme à l'invention permet de réparer une pièce sur une profondeur plus grande que ne le permet le spectre de longueurs d'ondes
20 d'un dispositif de l'art antérieur. Par exemple, un dispositif conforme à l'invention permet de réparer une pièce jusqu'à environ 120 plis de profondeur, tandis qu'un dispositif de l'art antérieur permet de réparer une pièce seulement jusqu'à 10 plis de profondeur.

Selon une variante de l'invention, le dispositif comprend en
25 outre plusieurs capteurs de température, de préférence du type thermocouples, chaque capteur de température étant agencé pour mesurer la température dans un compartiment respectif ; et le procédé comprend une étape où le débit et/ou la pression de chaque flux de gaz combustible est régulé(e) en fonction de la température mesurée par le capteur de
30 température correspondant.

Ainsi, un tel procédé permet d'ajuster, en fonction de la température mesurée dans un compartiment respectif, les paramètres de combustion, tels que débits de gaz combustible et de gaz oxydant, pour optimiser la combustion, en particulier pour travailler dans des conditions
35 stœchiométriques. Par exemple, un dispositif selon l'invention permet d'atteindre une précision de $\pm 2^\circ\text{C}$ en tout point de la cible tout en chauffant les compartiments respectifs à des températures semblables ou distinctes.

Selon une variante de l'invention, le dispositif comprend en outre plusieurs capteurs de température à distance, de préférence du type à rayon laser, agencés de façon à mesurer la température sur plusieurs points respectifs de la cible. Ainsi, le dispositif peut être régulé en fonction de la

5 température à atteindre en divers points de la cible.

De plus, la présente invention a pour objet un module de commande, pour commander un dispositif selon l'invention suivant un procédé selon l'invention, le module de commande étant caractérisé en ce qu'il comprend :

- 10 - plusieurs vannes agencées pour le passage de flux de gaz combustible ;
- un détendeur à gaz relié à chaque vanne ;
- de préférence, un pressostat et un filtre à gaz reliés au détendeur à gaz ; et
- 15 - une unité électronique de commande configurée pour émettre des signaux destinés à actionner individuellement chaque vanne.

Ainsi, un tel module de commande permet de commander un dispositif selon l'invention suivant un procédé selon l'invention.

20 Selon une variante de l'invention, l'unité électronique de commande est configurée pour recevoir des mesures de température émises par chaque capteur de température, et l'unité électronique de commande est configurée pour calculer, individuellement pour chaque vanne, un débit et une pression cible en fonction desdites mesures de températures émises par

25 chaque capteur de température et en fonction d'une consigne prédéterminée.

Ainsi, une telle unité électronique de commande permet d'ajuster, en fonction de la température mesurée dans un compartiment respectif, les paramètres de combustion, tels que débits de gaz combustible

30 et de gaz oxydant, pour optimiser la combustion, en particulier pour travailler dans des conditions stœchiométriques.

Les modes de réalisation de l'invention et les variantes de l'invention mentionnés ci-avant peuvent être pris isolément ou selon toute combinaison techniquement possible.

35 La présente invention sera bien comprise et ses avantages ressortiront aussi à la lumière de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif et faite en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 est une vue en perspective avant d'une source de rayonnement infrarouge comprenant un dispositif conforme à l'invention ;
- 5 - la figure 2 est une vue en perspective arrière de la source de la figure 1 ;
- la figure 3 est une vue en perspective éclatée, suivant un angle différent de la figure 1 ou 2, du dispositif équipant la source de la figure 1 ;
- 10 - la figure 4 est une vue en perspective, suivant un angle différent de la figure 3, d'un sous-ensemble du dispositif de la figure 3 ;
- la figure 5 est une vue en perspective, suivant un angle différent de la figure 4, d'une partie du dispositif de la figure 3 ;
- 15 - la figure 6 est une vue en coupe suivant le plan VI à la figure 5 ;
- la figure 7 est une vue en perspective arrière du dispositif de la figure 3 ;
- 20 - la figure 8 est une vue en perspective avant du dispositif de la figure 3 ;
- la figure 9 est une vue en coupe suivant le plan IX à la figure 3 d'un composant du dispositif de la figure 3 ;
- la figure 10 est une vue en perspective d'une partie du dispositif de la figure 3 ;
- 25 - la figure 11 est une vue en perspective de la partie de la figure 10, suivant un angle sensiblement opposé à l'angle de la figure 10 ;
- la figure 12 est une vue en perspective d'un module de commande conforme à l'invention ;
- 30 - la figure 13 est une vue en perspective d'une partie du module de commande de la figure 12 ; et
- la figure 14 est un organigramme illustrant les étapes d'un procédé conforme à l'invention.

Les figures 1 et 2 illustrent une source 1 de rayonnement
35 infrarouge comprenant un dispositif 2 adapté pour émettre un rayonnement

infrarouge par combustion catalytique d'un mélange d'un gaz combustible et d'un gaz oxydant. La source 1 comprend en outre un bâti 3. La source 1 comprend en outre un ventilateur 1.1 et des organes de raccords 1.2 et 1.3 pour raccorder des lignes de gaz combustible et de gaz oxydant.

5 Le gaz combustible peut être un gaz d'hydrocarbure, tel que le butane ou le gaz naturel. Le gaz combustible peut être un mélange de plusieurs gaz. Le gaz oxydant peut être le dioxygène contenu dans de l'air, qui est comprimé ou non (pression atmosphérique).

10 La figure 3 illustre le dispositif 2, à l'état désassemblé, et les figures 4, 5, 6, 7 et 8 illustrent partiellement le dispositif 2. Le dispositif 2 comprend cinq parois externes 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 et 4.5 qui sont agencées pour délimiter un réceptacle 6 destiné à recevoir du gaz combustible.

15 Les parois externes 4.1 à 4.5 sont étanches au gaz combustible et au gaz oxydant. Dans la présente demande, le terme « étanche » signifie que la pièce dite étanche ne laisse pas passer les gaz, combustible ou oxydant, sous la pression de service. Pour le dispositif 2, la pression de service peut atteindre 7 bar. Par exemple, chaque paroi externe 4.1 à 4.5 peut être composée d'une plaque en acier inoxydable AISI : 304L et d'épaisseur 2,5 mm.

20 Dans l'exemple des figures, les parois externes 4.1 à 4.5 sont agencées de façon à définir une ouverture principale 8. L'ouverture principale 8 a la forme d'un rectangle, qui est délimité par les parois externes 4.1, 4.2, 4.3 et 4.4, qui est parallèle à la paroi externe 4.5 et qui a les mêmes dimensions que la paroi externe 4.5.

25 Comme le montrent les figures 1 et 3, le dispositif 2 comprend en outre un support catalytique 10 qui comprend une matière catalytique adaptée pour catalyser la combustion. Le support catalytique 10 est disposé de façon à couvrir substantiellement l'ouverture principale 8. En d'autres termes, le support catalytique 10 s'étend sensiblement sur toute la surface de
30 l'ouverture principale 8.

Le support catalytique 10 présente une pluralité d'orifices de sortie 11, visibles aux figures 1, 8, 10 et 11. Les orifices de sortie 11 permettent le passage du gaz combustible et du gaz oxydant, en particulier lors de leur combustion catalytique.

35 Le dispositif 2 comprend en outre des parois internes 12 qui sont agencées de façon à diviser le réceptacle 6 en plusieurs compartiments 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6, 6.7, 6.8 et 6.9. Les parois internes 12 sont

substantiellement étanches au gaz combustible et au gaz oxydant. Dans la présente demande, le terme « substantiellement étanche » signifie que la pièce dite substantiellement étanche laisse passer peu ou pas les gaz, combustible ou oxydant, sous la pression de service. En d'autres termes, une

5 paroi interne peut présenter une faible porosité ou de petits perçages, de sorte que du gaz peut s'écouler entre deux compartiments. Par exemple, chaque paroi externe 4.1 à 4.5 peut être composée d'une plaque en acier inoxydable AISI : 304L et d'épaisseur 2,5 mm.

Dans l'exemple des figures, le réceptacle 6 a globalement la

10 forme d'un parallélépipède rectangle et plat. Chacune des parois externes 4.1 à 4.5 est globalement plate et s'étend suivant deux des trois dimensions de l'espace. La paroi externe 4.5 est perpendiculaire à chacune des parois externes 4.1 à 4.4. Les parois externes 4.1 et 4.3 sont parallèles entre elles et perpendiculaires aux parois externes 4.2 et 4.4.

En d'autres termes, les parois internes 12 s'étendent suivant

15 deux directions perpendiculaires entre elles et à des parois externes respectives 4.1 à 4.5, de sorte que les parois internes 12 quadrillent le réceptacle 6 en neuf compartiments 6.1 à 6.9 ayant chacun une section globalement rectangulaire. En l'occurrence, chaque compartiment 6.1 à 6.9 a

20 la forme d'un carré d'environ 160 mm de côté. Les compartiments 6.1 à 6.9 ont donc des superficies équivalentes et de 160 mm x 160 mm, soit environ 256 cm².

Les parois internes 12 sont composées d'un matériau sélectionné dans le groupe constitué par un acier inoxydable de référence

25 AISI : 304L. Les parois internes 12 sont soudées entre elles et les parois externes 4.1 à 4.5 sont soudées entre elles.

Le dispositif 2 comprend en outre des moyens d'alimentation pour introduire du gaz combustible dans le réceptacle 6. Comme le montrent les figures 3 à 7, les moyens d'alimentation comprennent neuf orifices

30 d'introduction 14 qui traversent la paroi externe 4.5 qui est opposée à l'ouverture principale 8.

Les orifices d'introduction 14 sont agencés de sorte que chacun des compartiments 6.1 à 6.9 est en communication de gaz avec un orifice d'introduction 14. Dans l'exemple des figures, les moyens d'alimentation

35 comprennent un orifice d'introduction 14 pour chaque compartiment respectif 6.1 à 6.9. Dans l'exemple des figures, chaque orifice d'introduction 14 est disposé sensiblement au droit du centre d'un compartiment respectif 6.1 à 6.9.

Comme chaque compartiment 6.1 à 6.9 est rectangulaire, son centre correspond à l'intersection de ses deux diagonales.

Comme le montrent les figures 3 et 7, les moyens d'alimentation comprennent en outre des embouts de raccordement 16, qui sont disposés respectivement sur les orifices d'introduction 14. Chaque embout de
5 raccordement 16 est conformé pour la fixation d'une conduite non représentée et adaptée pour le passage d'un flux de gaz combustible.

Comme le montre la figure 9, chaque embout de raccordement 16 comprend un canal 16.1, pour le passage du flux, et un
10 piquage 16.2 pour installer un capteur de pression adapté pour mesurer la pression dans le flux. De plus, chaque embout de raccordement 16 présente un filetage 16.3, pour fixer l'embout de raccordement 16 sur la paroi externe 4.5, et un taraudage 16.4 pour fixer une conduite non représentée sur l'embout de raccordement 16.

Le support catalytique 10 a ici globalement la forme d'un rectangle qui coïncide substantiellement avec l'ouverture principale 8. Dans l'exemple des figures, le réceptacle 6 et le support catalytique 10 occupent un volume globalement plat et parallélépipédique. À la périphérie des parois
15 externes 4.1 à 4.4, le dispositif comprend des rebords plans 17, sur lesquels peut s'appuyer le support catalytique 10.
20

Le support catalytique 10 présente une surface globalement plane. Le support catalytique 10 est ici formé par une plaque perforée. La matière catalytique formant le support catalytique 10 est ici constituée d'un matériau réfractaire. La matière catalytique peut être sélectionnée dans le
25 groupe constitué du platine (Pt) et du palladium (Pd).

Dans l'exemple des figures, chaque orifice d'introduction 14 a une section circulaire et un diamètre de 4,2 mm donc une superficie d'environ 14 mm².

Par ailleurs, comme le montrent les figures 8, 10 et 11, chaque
30 orifice de sortie 11 a une section circulaire. Chaque orifice de sortie 11 a un diamètre de 1,25 mm. De plus, la densité des orifices de sortie 11 peut être caractérisée par un rapport dit de sortie qui a :

- pour numérateur, la superficie totale occupée par l'ensemble des orifices de sortie 11 ; et
- 35 - pour dénominateur, la superficie de l'ouverture principale 8.

Le rapport de sortie est ici d'environ 64%.

Le dispositif comprend en outre au moins un capteur de température 18 symbolisé à la figure 7. Le capteur de température 18 peut être un thermocouple. Le capteur de température 18 est ici agencé pour mesurer la température dans le compartiment 6.8.

5 Comme le montre la figure 10, le dispositif 2 comprend en outre des raidisseurs 20 qui sont solidaires du support catalytique 10. Les raidisseurs 20 sont disposés près des parois internes 12 et près des parois externes 4.1 à 4.4. Chaque raidisseur 20 s'étend dans un plan perpendiculaire à la paroi externe 4.5.

10 À l'état assemblé, le dispositif 2 est fixé au bâti 3 pour être incorporé à la source 1.

Les figures 12 et 13 illustrent un module de commande 51 qui est adapté pour commander le dispositif 2 suivant un procédé conforme à l'invention décrit ci-après en relation avec la figure 14. Le module de commande 51 est usuellement dénommé mallette de contrôle et de
15 fonctionnement.

Le module de commande 51 comprend plusieurs vannes 52, symbolisées à la figure 13, qui sont agencées pour le passage de flux de gaz combustible.

20 Dans l'exemple des figures 12 et 13, le module de commande 51 comprend neuf vannes 52, chaque vanne 52 étant reliée à un compartiment respectif 6.1 à 6.9. Les vannes 52 sont logées dans un boîtier 53 du module de commande 51.

Le module de commande 51 comprend en outre un détendeur à gaz 54 qui est relié à chaque vanne 52. Le détendeur à gaz 54 est ici placé sur une ligne de gaz commune 56 en amont de la vanne 52.
25

Le module de commande 51 comprend en outre un pressostat 58 et un filtre à gaz 60 qui sont reliés au détendeur à gaz 54. Le module de commande 51 comprend en outre un raccord 62 et une électrovanne 64 qui autorisent ou empêchent sélectivement l'arrivée de gaz combustible dans le module de commande 51, via une ligne d'arrivée de gaz combustible L62 visible à la figure 12.
30

Comme le montre la figure 13, le module de commande 51 comprend en outre une unité électronique de commande 66, qui est configurée pour émettre des signaux destinés à actionner individuellement
35

chaque vanne 52. En d'autres termes, les vannes 52 sont des électrovannes proportionnelles que pilote l'unité électronique de commande 66.

Comme le montre la figure 12, neuf conduites de gaz combustible L68 sortent du boîtier du module de commande 51 par un passage 68, puis elles s'étendent respectivement jusqu'aux embouts de raccordement 16. De plus, une ligne d'arrivée d'air comprimé L71 introduit l'air comprimé, gaz oxydant, dans le module de commande 51, et une ligne d'alimentation en air comprimé L72 transporte l'air comprimé, gaz oxydant, depuis le module de commande 51 jusqu'au dispositif 2.

De même, une ligne de puissance électrique L73 alimente le module de commande 51, et une ligne d'alimentation électrique L74 alimente le dispositif 2. La ligne d'alimentation électrique L74 alimente des résistances électriques non représentées qui ont pour fonction de déclencher la combustion du mélange.

Par ailleurs, une ligne de connexion L76 transporte les mesures du capteur de température 18 vers l'unité électronique de commande 66. Une ligne de vide L78 aspire à l'intérieur d'une enveloppe souple d'extraction des gaz, comme cela est décrit dans EP1071555A1.

L'unité électronique de commande 66 est configurée pour recevoir des mesures de température émises par le capteur de température 18. L'unité électronique de commande 66 est configurée pour calculer, individuellement pour chaque vanne 52, un débit et/ou une pression cible en fonction desdites mesures de températures émises par le capteur de température 18 et en fonction d'une consigne prédéterminée. Dans l'exemple des figures, l'unité électronique de commande 66 pilote chaque vanne 52 pour atteindre une pression comprise entre 10 mbar et 50 mbar (pression relative).

En fonctionnement suivant un procédé conforme à l'invention, pour émettre un rayonnement infrarouge par combustion catalytique du mélange, le procédé comprend les étapes :

- 101) mettre en œuvre le dispositif 2 ;
- 102) actionner plusieurs vannes 52 appartenant au module de commande 51 de façon à permettre le passage de plusieurs flux de gaz combustible vers plusieurs conduites reliées respectivement à plusieurs des compartiments 6.1 à 6.9 ;
- 103) moduler individuellement le débit et/ou la pression de chaque flux de gaz combustible ;

104) introduire du gaz combustible dans plusieurs des compartiments 6.1 à 6.9 ; et

105) déclencher la combustion du mélange près du support catalytique 10.

5 Dans le cas du dispositif 2, qui comprend le capteur de température 18, le procédé comprend une étape 106) où le débit et/ou la pression de chaque flux de gaz combustible est régulé en fonction de la température mesurée par le capteur de température 18.

10 Le procédé de réparation d'une pièce en matériau composite comprend des étapes semblables aux procédés décrits dans FR2791416A1 ou dans EP1071555A1. Lorsqu'on utilise un dispositif conforme à la présente invention, il est possible de réparer des pièces composites présentant des défauts profonds. Par ailleurs, Lorsqu'on utilise un dispositif conforme à la présente invention qui est courbe, il est possible de réparer des pièces
15 composites courbes.

En effet, chaque compartiment peut être alimenté en mélange suivant des paramètres individuels (en pression et débit de gaz combustible par exemple), si bien que chaque compartiment peut émettre un rayonnement infrarouge avec une puissance et/ou un spectre indépendant des autres
20 compartiments.

Dans le cas d'une pièce convexe, les compartiments situés sur la périphérie du dispositif pourront émettre avec plus de puissance que les compartiments situés au centre du dispositif, ce qui permet de traiter la pièce courbe sur une profondeur (nombre de plis) uniforme.

25 Inversement, dans le cas d'une pièce concave, les compartiments situés sur la périphérie du dispositif pourront émettre avec moins de puissance que les compartiments situés au centre du dispositif, ce qui permet de traiter la pièce courbe sur une profondeur (nombre de plis) uniforme.

30

REVENDICATIONS

1. Dispositif (2), pour émettre un rayonnement infrarouge de longueurs d'ondes s'étendant entre 2 μm et 65 μm par combustion catalytique d'un mélange d'un gaz combustible, tel qu'un gaz d'hydrocarbure, et d'un gaz oxydant, tel que l'air, le dispositif (2) comprenant :

- des parois externes (4.1-4.5) agencées pour délimiter un réceptacle (6) destiné à recevoir du gaz combustible, les parois externes (4.1-4.5) étant agencées de façon à définir au moins une ouverture principale (8) ;
- au moins un support dit catalytique (10) comprenant une matière catalytique adaptée pour catalyser la combustion, ledit au moins un support catalytique (10) étant disposé de façon à couvrir substantiellement ladite au moins une ouverture principale (8), ledit au moins un support catalytique (10) présentant une pluralité d'orifices de sortie (11) permettant le passage du gaz combustible et du gaz oxydant ; et
- des moyens d'alimentation pour introduire du gaz combustible dans le réceptacle (6) ;

le dispositif (2) étant caractérisé en ce qu'il comprend en outre des parois internes (12) agencées de façon à diviser le réceptacle (6) en plusieurs compartiments (6.1-6.9) ;

les moyens d'alimentation comprenant plusieurs orifices d'introduction (14) traversant un ou plusieurs des parois externes (4.1-4.5), les orifices d'introduction (14) étant agencés de sorte que chaque compartiment (6.1-6.9) est en communication de gaz avec au moins un orifice d'introduction (14).

2. Dispositif (2) selon la revendication 1, dans lequel les moyens d'alimentation comprennent en outre des embouts de raccordement (16) disposés respectivement sur les orifices d'introduction (14), chaque embout de raccordement étant conformé pour la fixation d'une conduite adaptée pour le passage d'un flux de gaz combustible.

3. Dispositif (2) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le réceptacle (6) et le support catalytique (10) occupent un volume globalement plat.

5 4. Dispositif (2) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le support catalytique (10) présente une surface globalement plane.

10 5. Dispositif (2) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le support catalytique (10) est formé par une plaque perforée ou par une grille.

15 6. Dispositif (2) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la matière catalytique est sélectionnée dans le groupe constitué du platine (Pt) et du palladium (Pd).

7. Dispositif (2) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel les compartiments (6.1-6.9) ont des superficies équivalentes et comprises entre 50 mm² et 50 000 mm².

20 8. Dispositif (2) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le réceptacle (6) a globalement la forme d'un parallélépipède rectangle et plat, les parois internes (12) s'étendant suivant deux directions perpendiculaires entre elles et à des parois externes respectives (4.1-4.5), de sorte que les parois internes (12) quadrillent le réceptacle (6) en plusieurs
25 compartiments (6.1-6.9) ayant chacun une section globalement rectangulaire.

9. Dispositif (2) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel chaque orifice de sortie (11) a une superficie comprise entre
30 10 mm² et 10 000 mm², de préférence entre 12 mm² et 1000 mm², chaque orifice d'introduction (14) ayant de préférence une section circulaire.

10. Dispositif (2) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le dispositif (2) comprend en outre au moins un capteur de
35 température (18), de préférence du type thermocouple, le ou chaque capteur de température (18) étant agencé pour mesurer la température dans un compartiment respectif (6.1-6.9).

11. Dispositif (2) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel les parois internes (12) sont composées d'un matériau sélectionné dans le groupe constitué par un acier, un alliage d'aluminium, un matériau composite et un matériau organique tel qu'un plastique de synthèse thermodurcissable.

12. Procédé, pour émettre un rayonnement infrarouge par combustion catalytique d'un mélange d'un gaz combustible, tel qu'un gaz d'hydrocarbure, et d'un gaz oxydant, tel que l'air, le procédé comprenant les étapes :

- 101) mettre en œuvre un dispositif (2) selon l'une des revendications précédentes ;
- 102) actionner plusieurs vannes (52) appartenant à un module de commande (51) de façon à permettre le passage de plusieurs flux de gaz combustible vers plusieurs conduites reliées respectivement à plusieurs compartiments (6.1-6.9) ;
- 103) moduler individuellement le débit et/ou la pression de chaque flux de gaz combustible ;
- 104) introduire du gaz combustible dans plusieurs compartiments (6.1-6.9) ; et
- 105) déclencher la combustion du mélange près du support catalytique (10).

13. Module de commande (51), pour commander un dispositif (2) selon l'une des revendications 1 à 11 suivant un procédé selon la revendication 12, le module de commande (51) étant caractérisé en ce qu'il comprend :

- plusieurs vannes (52) agencées pour le passage de flux de gaz combustible ;
- un détendeur à gaz (54) relié à chaque vanne (52) ;
- de préférence, un pressostat (58) et un filtre à gaz (60) reliés au détendeur à gaz (54) ; et
- une unité électronique de commande (66) configurée pour émettre des signaux destinés à actionner individuellement chaque vanne (52).

1/4

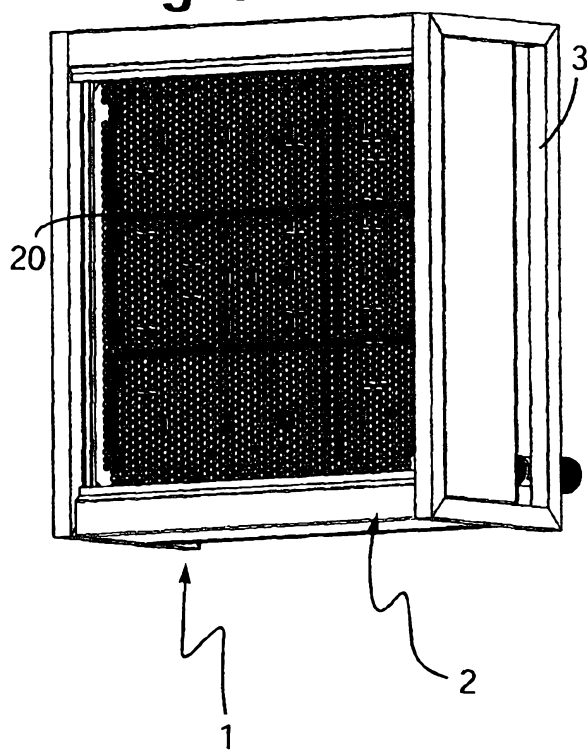
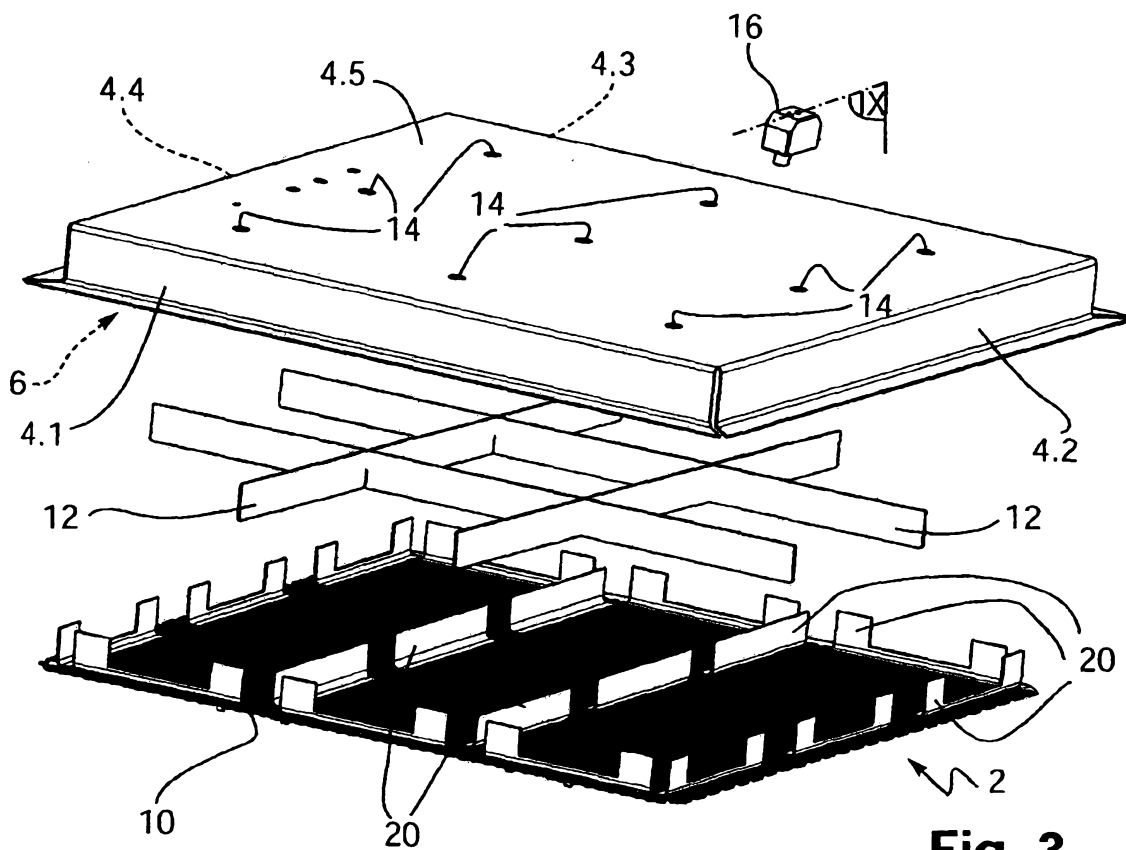
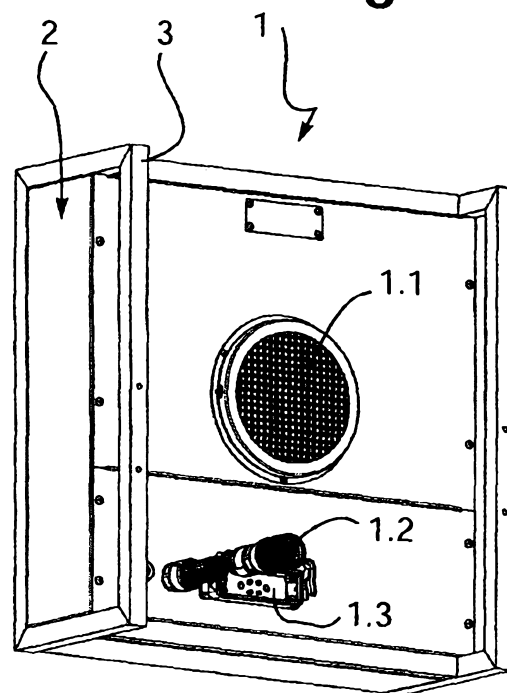
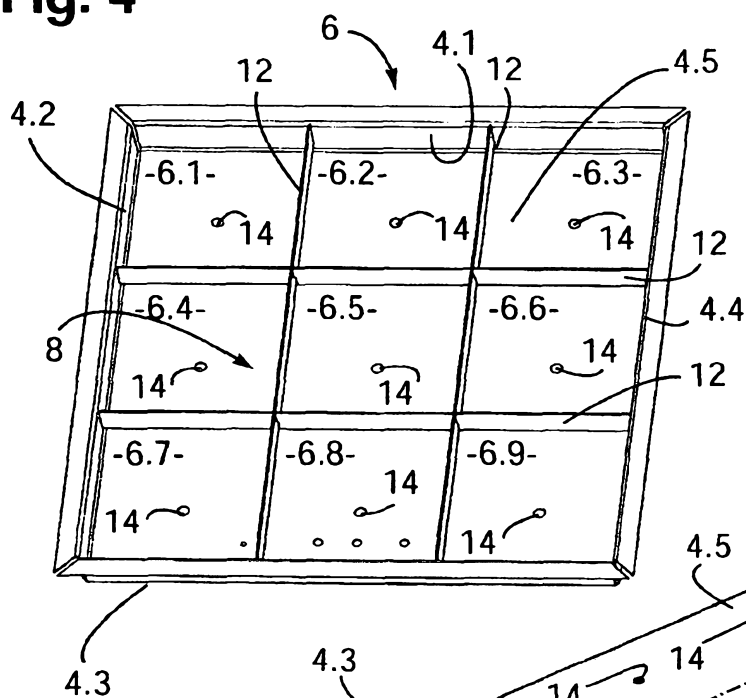
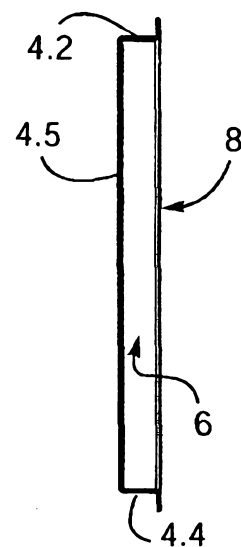
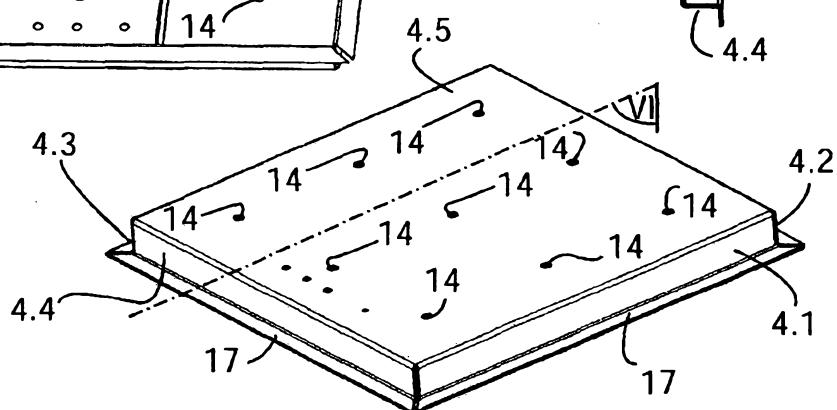
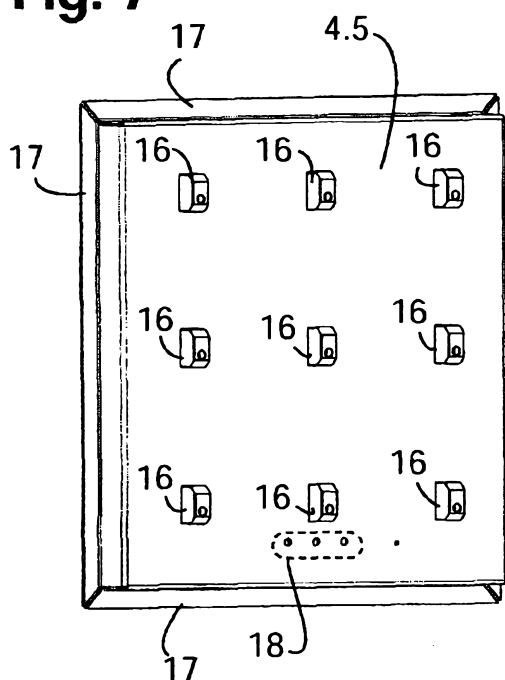
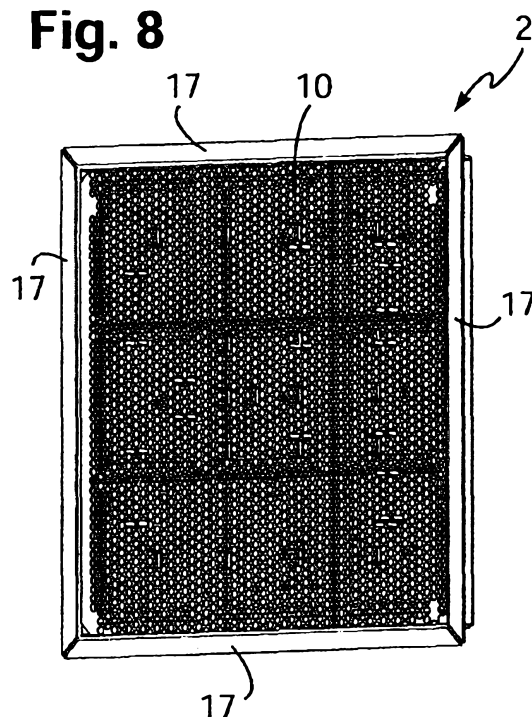
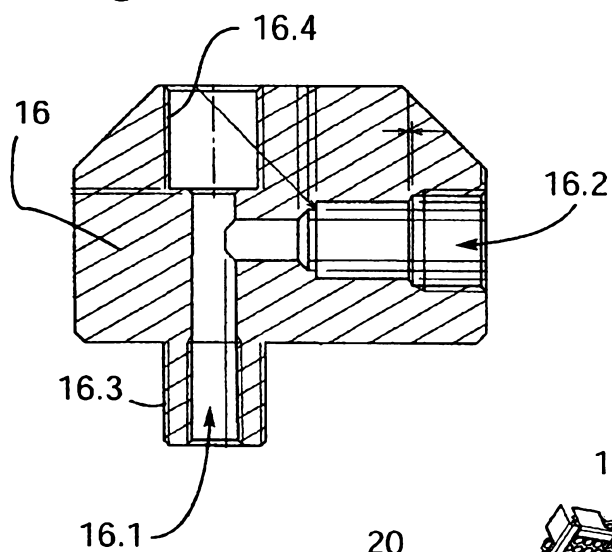
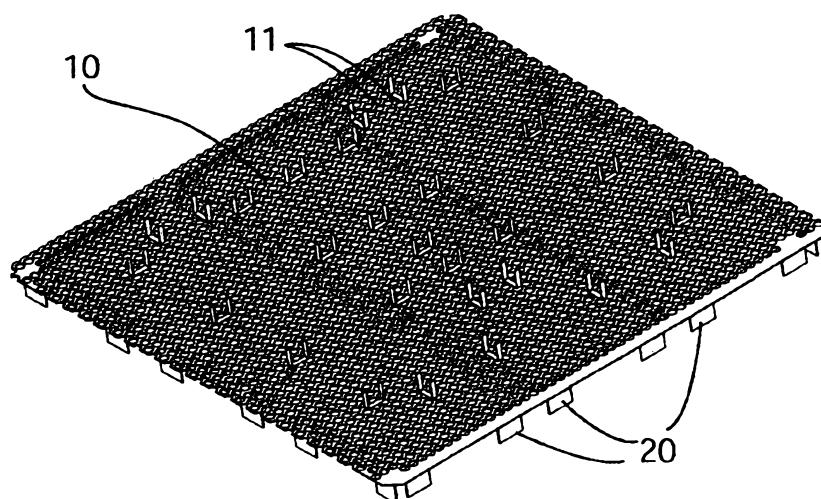
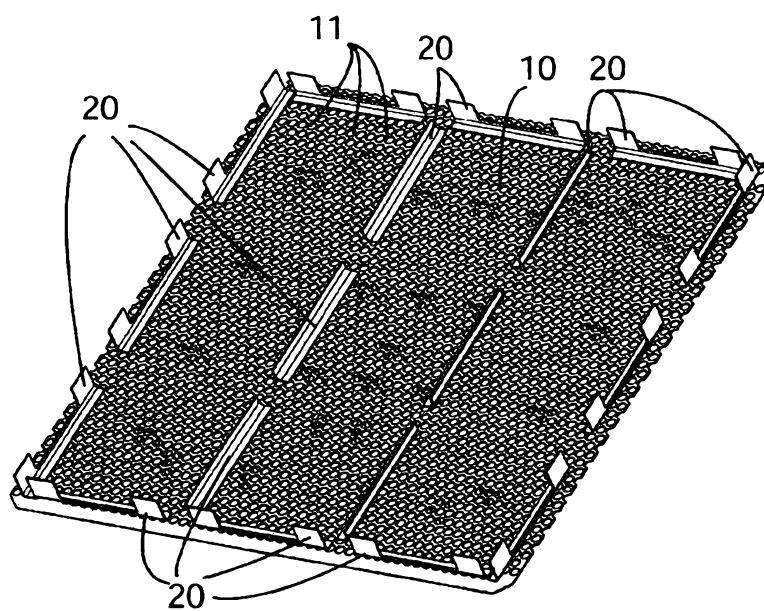
Fig. 1**Fig. 2****Fig. 3**

Fig. 4

2 / 4

**Fig. 6****Fig. 5****Fig. 7****Fig. 8**

3 / 4

Fig. 9**Fig. 10****Fig. 11**

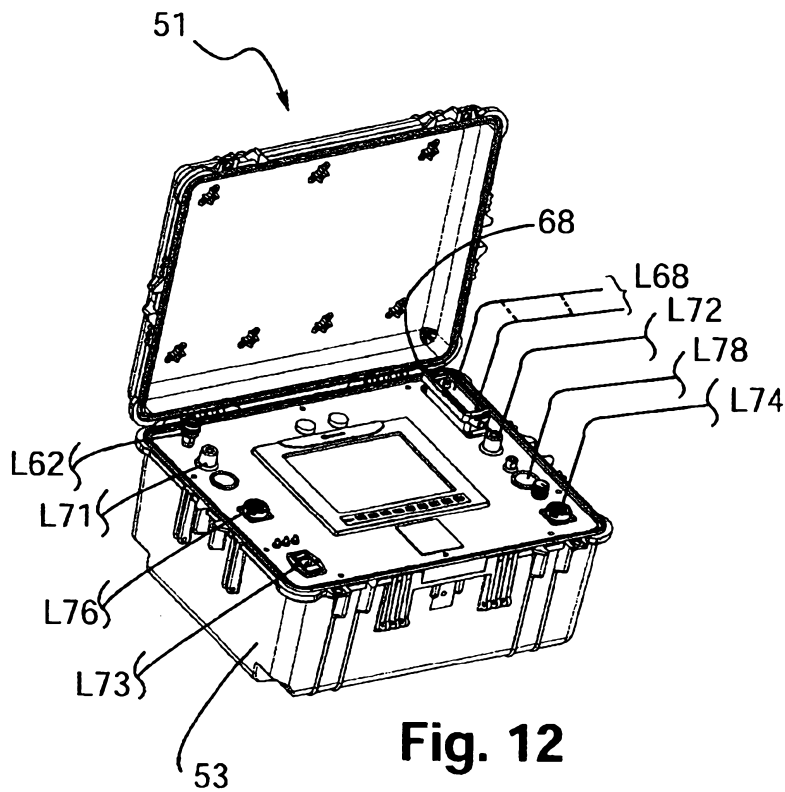


Fig. 12

Fig. 14

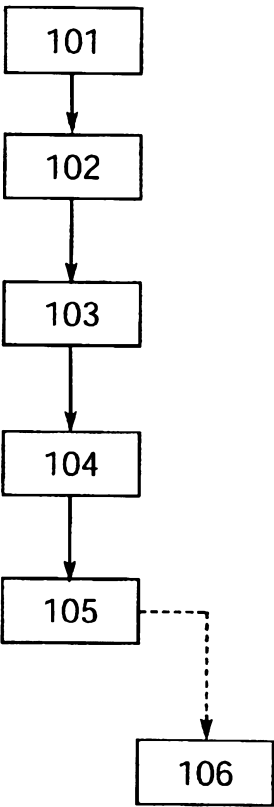
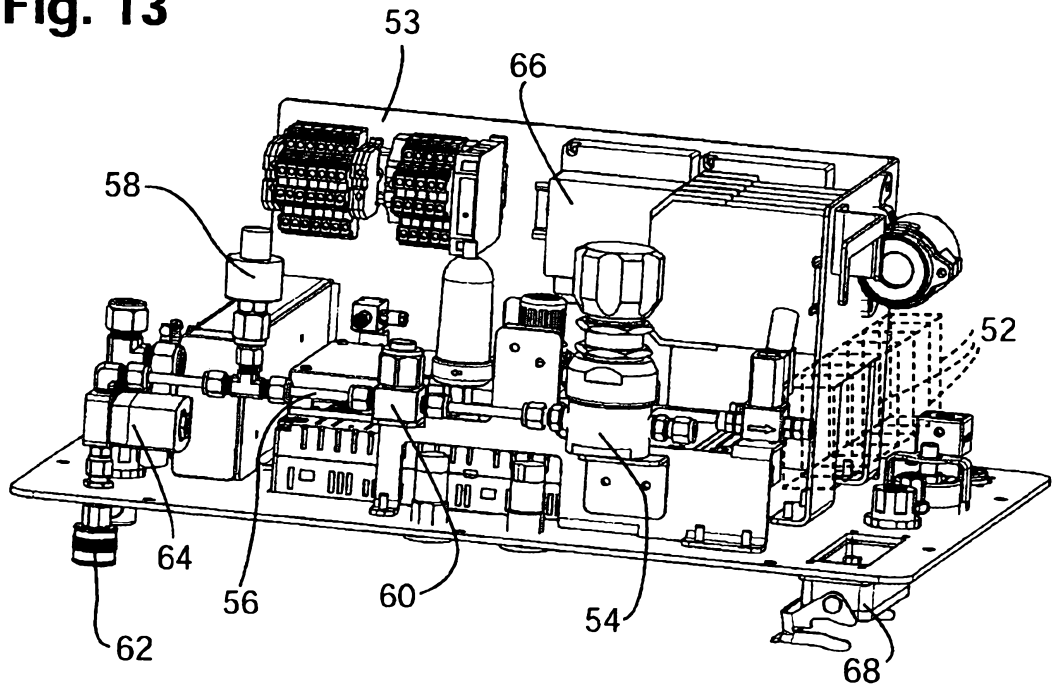


Fig. 13



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-17 et R.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DU PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

- ☒ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.
- ☐ Le demandeur a maintenu les revendications.
- ☒ Le demandeur a modifié les revendications.
- ☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.
- ☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.
- ☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITÉS DANS LE PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

- ☒ Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.
- ☐ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.
- ☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.
- ☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

FR 1 581 770 A (SOCIÉTÉ ANONYME FRANÇAISE DU FERODO)
19 septembre 1969 (1969-09-19)

EP 2 312 212 A2 (BSH BOSCH SIEMENS HAUSGERAETE [DE])
20 avril 2011 (2011-04-20)

FR 1 449 888 A (RAYMOND SAVY)
6 mai 1966 (1966-05-06)

DE 11 87 339 B (HEINZ GOCH)
18 février 1965 (1965-02-18)

DE 15 29 165 A1 (ANTARGAZ SA DE DISTRIB DE GAZ)
4 décembre 1969 (1969-12-04)

US 5 037 293 A (KIRBY ALAN [CA])
6 août 1991 (1991-08-06)

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

NEANT

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT