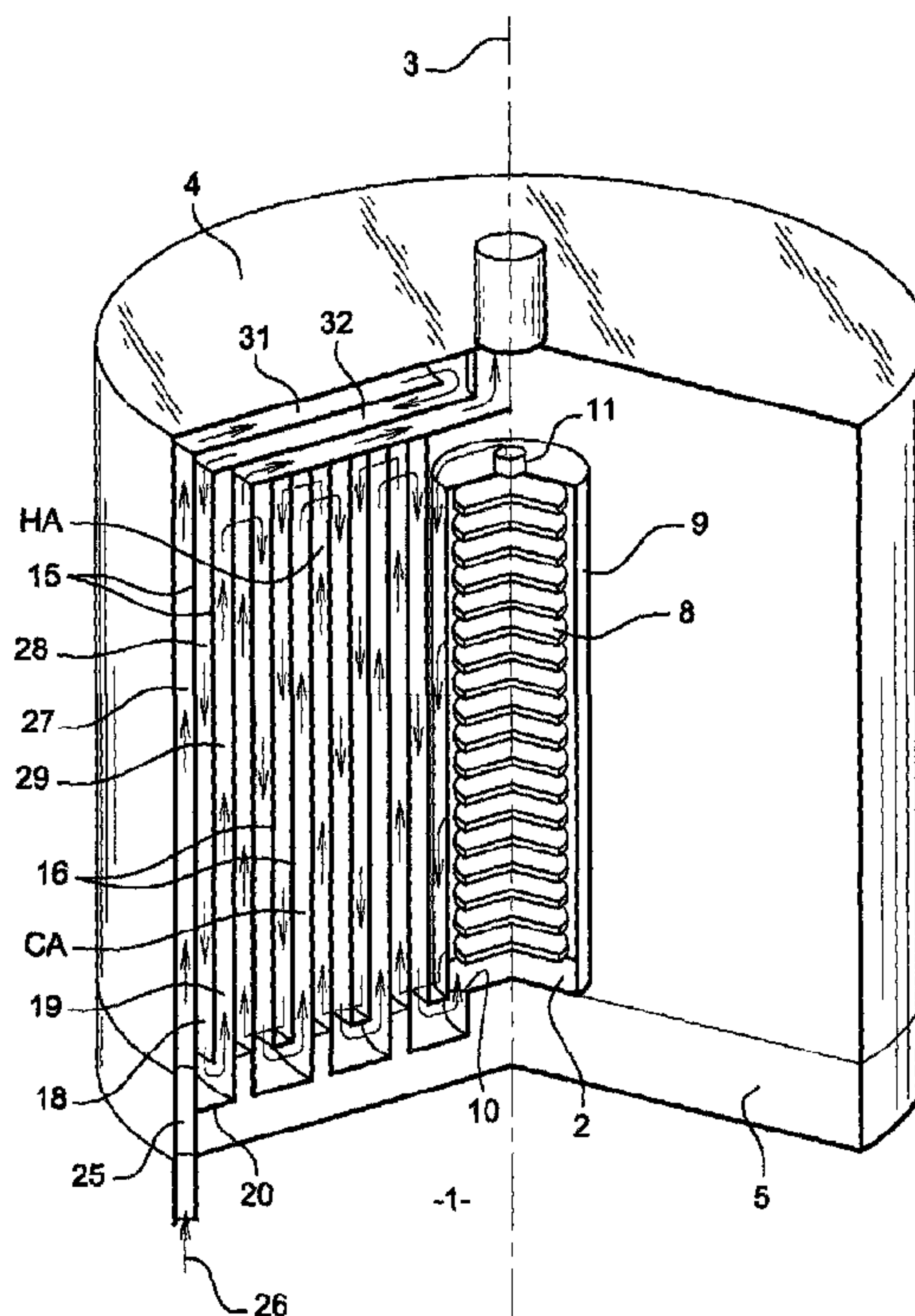




(86) **Date de dépôt PCT/PCT Filing Date:** 2007/08/24
 (87) **Date publication PCT/PCT Publication Date:** 2008/03/27
 (45) **Date de délivrance/Issue Date:** 2014/10/21
 (85) **Entrée phase nationale/National Entry:** 2009/03/17
 (86) **N° demande PCT/PCT Application No.:** FR 2007/051837
 (87) **N° publication PCT/PCT Publication No.:** 2008/034987
 (30) **Priorité/Priority:** 2006/09/21 (FR0653886)

(51) **Cl.Int./Int.Cl. H01M 8/02** (2006.01),
H01M 8/04 (2006.01)
 (72) **Inventeur/Inventor:**
FOURMIGUE, JEAN-FRANCOIS, FR
 (73) **Propriétaires/Owners:**
COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE, FR;
SNECMA, FR
 (74) **Agent:** BROUILLETTE & ASSOCIES/PARTNERS

(54) **Titre : PILE A COMBUSTIBLE A OXYDE SOLIDE, INCORPORANT UN ECHANGEUR THERMIQUE**
 (54) **Title: SOLID OXIDE FUEL CELL COMPRISING A THERMAL EXCHANGER**



(57) **Abrégé/Abstract:**

Pile à combustible (1) à oxyde solide, comprenant un cœur de pile (2) et un échangeur thermique (4) apte à alimenter ledit cœur de pile (1) en un fluide à une température nécessaire à son fonctionnement, l'échangeur comportant un circuit de fluide froid (CA) interface thermiquement avec un circuit de fluide chaud (HA), le circuit de fluide froid (CA) alimentant l'entrée (10) en fluide du cœur de pile et le circuit de fluide chaud étant alimenté par la sortie (11) en fluide du cœur de pile, caractérisé en ce que l'échangeur thermique (4) est disposé concentriquement avec le cœur de pile (2).

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international(43) Date de la publication internationale
27 mars 2008 (27.03.2008)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2008/034987 A1(51) Classification internationale des brevets :
H01M 8/02 (2006.01) *H01M 8/04* (2006.01)(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2007/051837

(22) Date de dépôt international : 24 août 2007 (24.08.2007)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0653886 21 septembre 2006 (21.09.2006) FR(71) Déposants (pour tous les États désignés sauf US) : **COM-
MISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE** [FR/FR];
25 Rue Leblanc, Immeuble "Le Ponant D", F-75015
Paris (FR). **DALKIA FRANCE** [FR/FR]; 37 Avenue du
Maréchal de Lattre de Tassigny, F-59350 Saint Andre Les
Lille (FR). **SNECMA** [FR/FR]; 2 Boulevard du Général
Martin Valin, F-75015 Paris (FR).

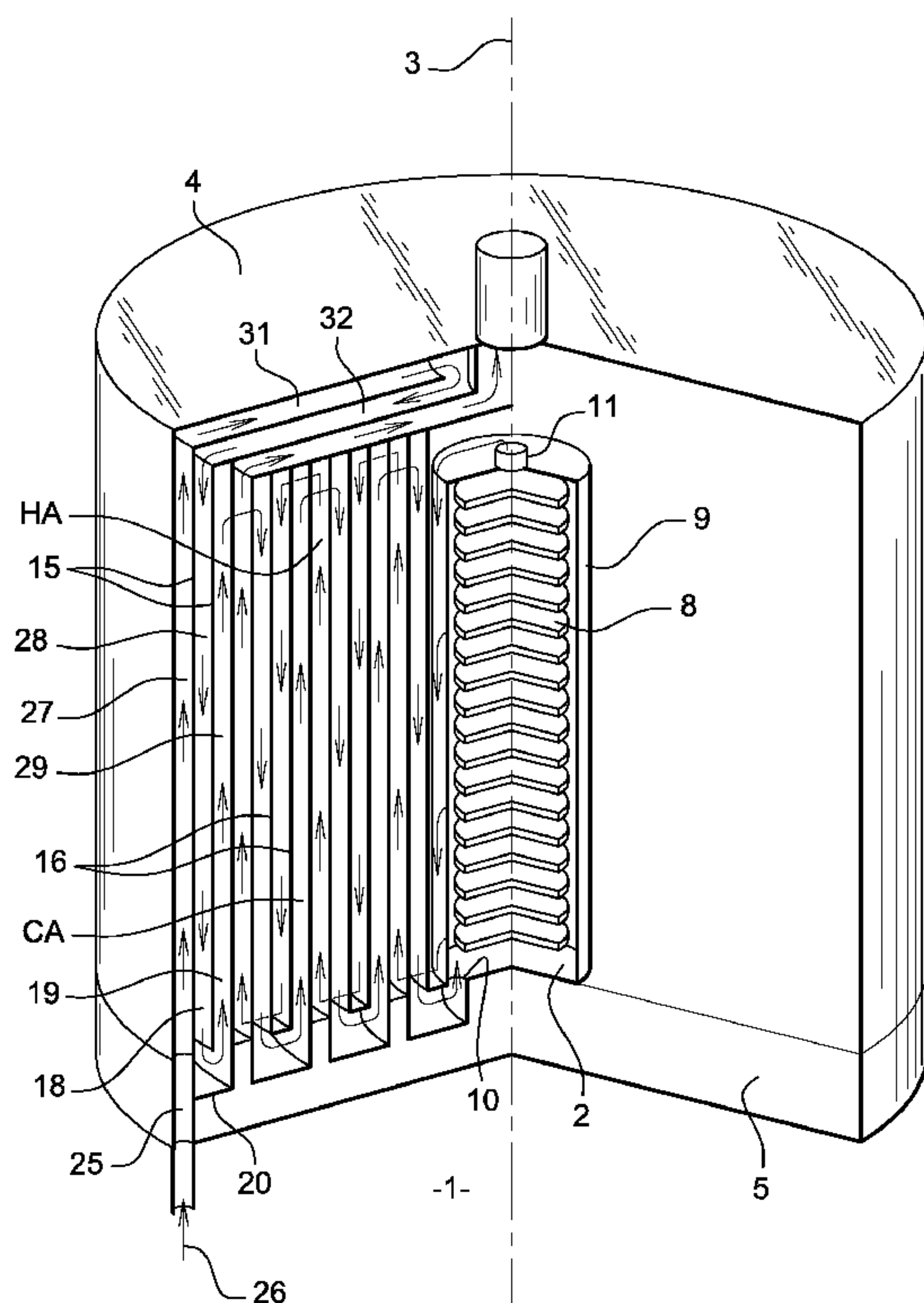
(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : **FOUR-
MIGUE, Jean-François** [FR/FR]; 2 Rue Gabriel Péri,
F-38600 Fontaine (FR).(74) Mandataires : **VUILLERMOZ, Bruno** etc.; Cabinet
Laurent & Charras, 20 Rue Louis Chirpaz, BP 32, F-69131
Ecully Cédex (FR).(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN,
CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN,
IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR,
LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO,
RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: SOLID OXIDE FUEL CELL COMPRISING A THERMAL EXCHANGER

(54) Titre : PILE À COMBUSTIBLE À OXYDE SOLIDE, INCORPORANT UN ÉCHANGEUR THERMIQUE

(57) **Abstract:** The invention relates to a solid oxide
fuel cell (1) that comprises a cell core (2) and a thermal
exchanger (4) for supplying said cell core (1) with a
fluid at a given temperature required for its operation,
wherein the exchanger comprises a cold fluid circuit
(CA) and provides a thermal interface with a hot fluid
circuit (HA), the cold fluid circuit (CA) supplying the
fluid inlet (10) of the cell core and the hot fluid circuit
being supplied by the fluid outlet (11) of the cell core,
characterised in that the thermal exchanger (4) is pro-
vided concentrically relative to the cell core (2).(57) **Abrégé :** Pile à combustible (1) à oxyde solide,
comprenant un cœur de pile (2) et un échangeur ther-
mique (4) apte à alimenter ledit cœur de pile (1) en un
fluide à une température nécessaire à son fonctionne-
ment, l'échangeur comportant un circuit de fluide froid
(CA) interface thermiquement avec un circuit de fluide
chaud (HA), le circuit de fluide froid (CA) alimentant
l'entrée (10) en fluide du cœur de pile et le circuit de
fluide chaud étant alimenté par la sortie (11) en fluide
du cœur de pile, caractérisé en ce que l'échangeur ther-
mique (4) est disposé concentriquement avec le cœur
de pile (2).

WO 2008/034987 A1

(84) **États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

- *avec rapport de recherche internationale*
- *avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues*

PILE A COMBUSTIBLE A OXYDE SOLIDE, INCORPORANT UN ECHANGEUR THERMIQUE

Domaine technique

5 L'invention se rattache au domaine des piles à combustibles, et plus spécifiquement des piles à combustibles du type à oxyde solide, couramment appelées SOFC pour "Solid Oxid Fuel Cell". L'invention concerne plus spécifiquement une conception intégrée de piles, optimisée en terme des échanges thermiques relatifs au fluide gazeux nécessaire pour entretenir la réaction chimique
10 se déroulant au cœur de la pile.

Techniques antérieures

Les piles à combustibles du type SOFC mettent en œuvre une réaction chimique qui transforme de l'oxygène en ions O^{2-} . En pratique, cet oxygène est
15 apporté par la circulation d'un flux d'air à l'intérieur d'un cœur de pile qui comporte une pluralité de galettes formant des électrodes céramiques séparées par un électrolyte.

Pour fonctionner correctement, les électrodes et l'ensemble du cœur de pile
20 doivent être portés à une température élevée, de l'ordre de 900 à 1000°C. Des dispositifs appropriés, typiquement électriques, permettent d'entretenir la température au sein du cœur de pile. Dans le même but, l'air contenant l'oxygène qui alimente le cœur de pile doit également être acheminé à une température élevée, proche de la température de fonctionnement évoquée.

25

Ainsi, de façon classique, pour maintenir la température élevée à l'intérieur du cœur de pile, ce dernier est installé dans une enceinte thermique comportant une paroi fortement isolante. De plus, l'air alimentant le cœur de pile est préchauffé par un dispositif approprié, lui permettant d'atteindre la température voulue pour un
30 fonctionnement adéquat du cœur de pile.

En pratique, pour des raisons de sécurité la température à l'extérieur de l'enceinte isolant et renfermant le cœur de pile ne doit pas être supérieure à 60°C. On conçoit que de telles contraintes imposent l'emploi de couches isolantes très épaisses pour réaliser l'enceinte thermique du cœur de pile. Une telle conception se traduit donc par un encombrement et une complexité très élevée.

Des solutions ont déjà été proposées dans le but d'améliorer la construction de ce type de pile. Ainsi, dans le document US 2004/224196. On décrit une pile qui comporte un échangeur et un réformeur agencés en combinaison avec le cœur de pile, l'ensemble étant enfermé dans une enceinte thermique. La nécessité d'une épaisseur importante de la paroi de cette enceinte demeure, avec des conséquences en termes d'encombrement global et de coût.

Par ailleurs, dans le document US 2005/0089731, on a décrit une pile qui inclut à l'intérieur d'une même enceinte le cœur de pile et l'échangeur permettant d'amener l'air à température satisfaisante pour le fonctionnement du cœur de pile. Plus précisément, cet échauffement a lieu à l'intérieur d'un échangeur dans lequel l'air froid alimentant dans le cœur de pile est réchauffé par l'air chaud qui en ressort.

20

L'ensemble du cœur de pile et de l'échangeur sont disposés à l'intérieur d'une enceinte qui doit être thermiquement très isolante, et qui présente donc les inconvénients précités.

L'objectif de l'invention est de limiter l'encombrement de l'enceinte de la pile, incluant donc le cœur de pile, et également des dispositifs nécessaires à la montée en température de l'air qui alimente le cœur de pile.

Exposé de l'invention

L'invention concerne donc une pile à combustible à oxyde solide, qui comporte de manière classique un cœur de pile à l'intérieur duquel a lieu la réaction électrochimique ainsi qu'un échangeur thermique qui alimente ce cœur de

30

pile en un fluide comportant de l'oxygène à une température nécessaire au fonctionnement du cœur de pile.

Cet échangeur comporte un circuit de fluide froid interfacé thermiquement
5 avec un circuit de fluide chaud. Le circuit de fluide froid alimente l'entrée en fluide
du cœur de pile et le circuit de fluide chaud est alimenté par la sortie en fluide du
cœur de pile. Conformément à l'invention, cette pile se caractérise en ce que
l'échangeur thermique est disposé concentriquement avec le cœur de pile.
Autrement dit, le cœur de pile est recouvert de l'échangeur de préchauffage de l'air
10 qui alimente le cœur de pile.

Autrement dit, l'invention consiste à combiner le cœur de pile avec
l'échangeur assurant le préchauffage de l'air qui l'alimente. Ainsi, une partie de
l'énergie dissipée lors du refroidissement de l'air de sortie du cœur de pile sert à
15 réchauffer l'air froid qui doit y rentrer, ce qui améliore le rendement thermique de
l'installation globale.

De plus, l'échangeur thermique, disposé concentriquement autour du cœur de
pile assure une fonction d'enceinte thermique, en agissant sensiblement à la
20 manière d'une cloche qui recouvre le cœur de pile.

Selon une caractéristique de l'invention, tout ou partie de la périphérie de
l'échangeur peut être formée par une portion initiale du circuit de fluide froid.
Autrement dit, l'air froid qui entre dans l'échangeur chemine juste après son entrée
25 en périphérie de l'échangeur, de sorte que la température périphérique de
l'échangeur est sensiblement voisine de la température ambiante.

En d'autres termes, la présence de l'air froid sur la périphérie de l'échangeur,
permet d'avoir une température de paroi extérieure de l'échangeur aussi proche que
30 possible de la température d'entrée de l'air. De la sorte, la partie externe de
l'échangeur contribue à l'isolation thermique, vis-à-vis de l'extérieur. Il n'est donc

plus nécessaire d'employer une enceinte thermique spécifique, qui est généralement volumineuse et coûteuse.

Avantageusement en pratique, l'échangeur peut-être de forme générale
5 cylindrique, correspondant ainsi à la forme du cœur de pile, notamment lorsque les
cellules élémentaires et les électrodes épousent une forme de disque. Dans cette
configuration, l'échangeur peut ainsi comporter une pluralité de plaques
sensiblement cylindriques et coaxiales, qui définissent entre elles des circuits de
fluide chaud et froid reliés alternativement en série.

10

Autrement dit, ces plaques élémentaires définissent des portions des circuits
de fluide qui sont alternés, de manière à assurer correctement l'échange de chaleur
entre les deux circuits de fluide.

15 Pour assurer également une bonne isolation de l'ensemble de l'échangeur vis-
à-vis de l'extérieur, il peut être prévu qu'au moins les deux premières portions du
circuit de fluide froid qui sont reliées en série, soient juxtaposées en périphérie de
l'échangeur. Autrement dit, contrairement à la partie centrale de l'échangeur dans
lequel les portions de circuit de fluide froid sont alternées, la partie extérieure de
20 l'échangeur peut comporter deux ou trois portions de circuit de fluide froid
successives, au sein duquel aucun échange thermique n'a donc lieu, mais qui assure
une fonction d'isolation vis-à-vis de l'extérieur.

Description sommaire des figures

25 La manière de réaliser l'invention, ainsi que les avantages qui en découlent
ressortiront bien de la description du mode de réalisation qui suit, à l'appui de
l'unique figure annexée, qui représente une vue en perspective sommaire, d'une
pile conforme à l'invention dans lequel une portion a été extraite, pour laisser
apparaître la constitution interne de l'ensemble. L'ensemble des éléments
30 nécessaires pour le fonctionnement d'une pile à combustible n est pas représenté,
mais y figurent uniquement des aspects importants pour la compréhension de
l'invention.

Numéro de dossier : 390-552
Révision : OA1
Date :20130926

Manière de réaliser l'invention

5 La pile à combustible (1) illustrée à la figure unique est représentée schématiquement, et comporte principalement un cœur de pile (2) situé au niveau de l'axe de révolution de l'ensemble (3), sur lequel est disposé l'échangeur caractéristique (4), qui recouvre le cœur de pile (2) à la manière d'une cloche, l'ensemble reposant sur un support (5) fermant l'enceinte ainsi définie autour du cœur de pile (2).

10

De manière simplifiée, le cœur de pile (2) comporte un ensemble de cellules (8) superposées, enfermées à l'intérieur d'une paroi rigide cylindrique (9). Cette paroi (9) présente à son niveau inférieur une ouverture (10) permettant l'entrée d'une circulation d'air. Des agencements peuvent être prévus notamment dans la partie haute de cette enceinte (9) pour permettre la sortie de ce fluide dont une partie de l'oxygène qu'il contient aura été consommé par les cellules (8).

15

Conformément à l'invention, l'échangeur (4) qui permet de délivrer le flux d'air au cœur de pile (2) comporte deux circuits de fluide distincts. Ces deux circuits (CA, HA) sont définis entre des plaques (15, 16) de forme générale cylindrique, et coaxiales. Entre ces différentes plaques (15, 16), sont ainsi définies des portions des deux circuits de fluide (CA, HA) qui sont disposées de manière alternées, de façon classique dans un échangeur à plaques.

20

25 La géométrie, les matériaux et autres agencements spécifiques peuvent être prévus, en fonction des performances souhaitées.

La liaison entre les différentes portions verticales des deux circuits de fluide (HA, CA) bien que non représentées, est réalisée de façon appropriée pour limiter les pertes de charge.

30

Dans leur partie basse, chacun des canaux (18, 19), par exemple du circuit de fluide froid (CA) sont reliés en série par des portions (20) réalisées dans la plaque (5) formant le socle isolant et le fond de l'ensemble (1). Ce socle (5) est percé d'une ouverture (25) permettant l'entrée du fluide de gaz frais (26). Conformément
5 à une caractéristique de l'invention, les portions (27, 28, 29) du circuit de fluide froid directement reliées à l'entrée du fluide froid (26) sont reliées en série, et juxtaposées, sans prendre en sandwich de portions du circuit de fluide chaud. Les portions (27, 28) sont reliées en série par l'intermédiaire de deux portions (31, 32) se trouvant dans la partie haute de l'échangeur. De la sorte, la fraction du circuit de
10 fluide froid (CA) constitué des différentes portions (27, 28, 29, 31, 32) présentent une longueur relativement importante, et forme une zone qui se trouve sensiblement à la température du fluide froid (26). Une isolation thermique de l'intérieur de l'échangeur est donc ainsi réalisée.

15 Bien entendu, de multiples géométries en ce qui concerne les zones de connexion entre les différents canaux délimités entre les plaques (15, 16) peuvent être réalisées, sans sortir du cadre de l'invention.

A titre d'exemple, le circuit de fluide froid peut accueillir un fluide (26) à une
20 température ambiante, pouvant aller jusqu'à 60°C. Ce fluide (26) parcourt l'échangeur pour atteindre une température de l'ordre de 650°C en entrée du cœur de pile (2). L'air chaud qui sort du cœur de pile (2) se trouve à une température de l'ordre de 900°C, et sa température s'abaisse au fur et à mesure qu'il chemine dans le circuit de fluide chaud, pour aboutir, au niveau de la tubulure de sortie (35) aux
25 alentours de 500°C.

Il ressort de ce qui précède que la pile à combustible conforme à l'invention présente l'avantage majeur de combiner dans un même élément structurel le cœur de pile avec l'échangeur thermique assurant le préchauffage de l'air fournissant
30 l'oxygène au cœur de pile.

Cet air est réchauffé par l'air issu du cœur de pile, de sorte que le bilan thermique de l'installation globale est amélioré.

En outre, l'échangeur, de part sa localisation et sa constitution joue le rôle
5 d'enceinte thermique autour du cœur de pile, ce qui réduit donc la complexité et l'encombrement global de l'installation.

Numéro de dossier : 390-552
Révision : OA1
Date :20130926

Revendications

1. Pile à combustible (1) à oxyde solide, comprenant un coeur de pile (2) et un
5 échangeur thermique (4) apte à alimenter ledit coeur de pile (1) en un fluide à une
température nécessaire à son fonctionnement, l'échangeur comportant un circuit de
fluide froid (CA) interfacé thermiquement avec un circuit de fluide chaud (HA), le
circuit de fluide froid (CA) alimentant l'entrée (10) en fluide du coeur de pile et le
circuit de fluide chaud étant alimenté par la sortie (11) en fluide du coeur de pile,
10 **caractérisé** en ce que l'échangeur thermique (4) est disposé concentriquement avec le
coeur de pile (2).
2. Pile à combustible selon la revendication 1, **caractérisée** en ce que l'échangeur
présente tout ou partie de sa périphérie qui est formée par une portion initiale (27-29)
15 du circuit de fluide froid (CA).
3. Pile à combustible selon la revendication 1, **caractérisée** en ce qu'au moins les deux
portions du circuit de fluide froid reliées en série sont juxtaposées en périphérie de
l'échangeur.
20
4. Pile à combustible selon la revendication 1, **caractérisée** en ce que l'échangeur (4) est
de forme générale cylindrique.
5. Pile à combustible selon la revendication 1, **caractérisée** en ce que l'échangeur (4)
25 comporte une pluralité de plaques (15-16) substantiellement cylindriques et coaxiales,
définissant entre elles des portions de circuit de fluide chaud et froid, les portions des
deux circuits étant reliées alternativement en série.

1/1

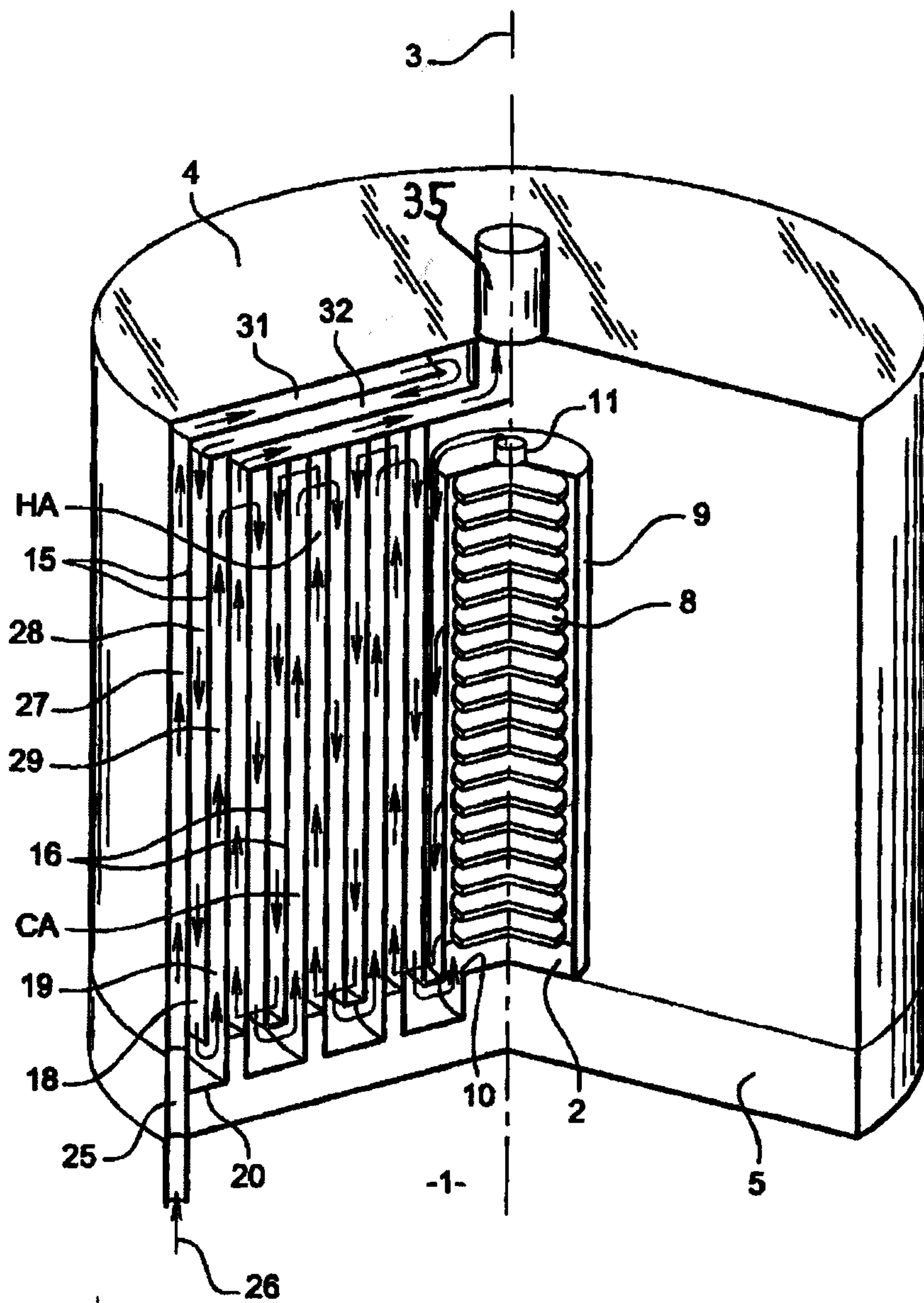


Figure unique

