

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :

(A n'utiliser que pour les
commandes de reproduction).

2 461 999

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 79 18364

(54)

Réacteur à haute température et refroidissement par gaz, comportant un lit de boulets combustibles
et des barres absorbantes, insérables directement dans le lit.

(51)

Classification internationale (Int. Cl. 3). G 21 C 7/10.

(22)

Date de dépôt 16 juillet 1979.

(33) (32) (31)

Priorité revendiquée :

(41)

Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — « Listes » n° 6 du 6-2-1981.

(71)

Déposant : Société dite : HOCHTEMPERATUR-REAKTORBAU GMBH, résidant en RFA.

(72)

Invention de : Claus Elter, Hermann Schmitt, Josef Schöning et Ulrich Weicht.

(73)

Titulaire : *Idem* (71)

(74)

Mandataire : Cabinet Beau de Loménié,
55, rue d'Amsterdam, 75008 Paris.

La présente invention concerne un réacteur à haute température et refroidissement par gaz, comportant un lit de boulets combustibles, parcouru de haut en bas par le gaz de refroidissement, et des barres absorbantes, insérables directement dans le lit, constituées par deux gaines coaxiales en acier et un absorbant, que les deux gaines ferment avec étanchéité au gaz, et à l'intérieur desquelles circule un flux de gaz de refroidissement.

Il est connu d'effectuer le réglage et l'arrêt de réacteurs à lit de boulets au moyen de barres absorbantes, insérées directement dans le lit sans guides particuliers, tels que tubes, talons, etc.

De telles barres absorbantes sont constituées par une gaine extérieure en acier, l'absorbeur de neutrons et un tube porteur intérieur, qui assume la fonction portante et la transmission des forces lors des déplacements des barres dans le lit de boulets, selon la demande de brevet de la République fédérale d'Allemagne publiée sous le n° 12 63 939. Pour le refroidissement des barres absorbantes, un flux partiel du gaz de refroidissement est dérivé de la partie surplombant la zone de fisscion vers l'intérieur des tubes porteurs, puis s'échappe par des ouvertures sur les pointes de barre.

La gaine extérieure de chaque barre absorbante est mouillée directement par le gaz de refroidissement circulant à travers le lit de boulets et soumise par suite à une température supérieure à celle régnant sur le tube porteur. Par suite de la chaleur produite dans les barres absorbantes par la capture de neutrons et de γ , la température de la gaine extérieure est par principe supérieure à celle du gaz de refroidissement qui l'entoure dans le lit de boulets. Les températures limites du matériau utilisé pour la gaine limitent par suite l'emploi du type connu de barres aux réacteurs nucléaires à température moyenne de sortie du coeur (750°C environ). L'emploi des barres absorbantes connues dans des réacteurs nucléaires à température plus élevée du gaz de refroidissement à la sortie du coeur (850 à 950°C environ) imposerait une réduction des profondeurs admissibles d'insertion des barres, d'où des limitations notables pour la réalisation de concepts d'arrêt d'urgence techniquement simples..

Dans les réacteurs nucléaires à blocs combustibles, il est connu de refroidir la surface extérieure des barres absorbantes par le calo-poteur en circulation. Dans ces réacteurs nucléaires, les barres absor-

bantes sont mobiles dans des tubes de guidage verticaux, fixes et traversant le coeur du réacteur. Les tubes de guidage, dans lesquels l'écoulement est toujours parallèle aux canaux de refroidissement dans le coeur du réacteur, sont parcourus sur toute la longueur par le caloporteur. Les demandes de brevet de la République fédérale d'Allemagne publiées sous le n° 11 21 240 et 12 48 823 décrivent de tels dispositifs de refroidissement des barres absorbantes.

La demande de brevet de la République fédérale d'Allemagne publiée sous le n° 18 03 067 décrit un autre montage pour le refroidissement d'éléments de réglage, également mobiles dans des tubes de guidage fixes. Les tubes de guidage, de section hexagonale, contiennent chacun un faisceau de barres absorbantes, entouré par une gaine de section hexagonale aussi. Le caloporteur, gaz ou vapeur, est d'abord dirigé vers le haut dans une fente entre la gaine et le tube de guidage, pénètre par le haut dans le faisceau de barres absorbantes, puis s'écoule vers le bas entre les barres absorbantes du faisceau.

L'art antérieur comprend en outre le refroidissement d'un groupe de réglage d'un réacteur nucléaire, dans lequel une section d'éléments combustibles et une section d'éléments absorbants sont superposées dans une enveloppe mobile dans une gaine fixe à l'intérieur de la zone de fission. Le caloporteur traverse successivement la section d'éléments combustibles, la section d'éléments absorbants et la fente annulaire entre l'enveloppe mobile et la gaine fixe, de la façon décrite dans la demande de brevet de la République fédérale d'Allemagne publiée sous le n° 24 23 027. Afin d'accroître le rendement thermique du réacteur nucléaire, une partie du flux de caloporteur est dérivée de l'enveloppe mobile, après son passage dans la section d'éléments combustibles, puis dirigée dans la fente annulaire entourant ladite enveloppe.

L'invention vise à réaliser un réacteur à haute température et refroidissement par gaz du type précédemment décrit, de façon à réduire notamment la charge thermique des barres absorbantes, afin de permettre l'utilisation de ces barres même dans des réacteurs nucléaires de puissance plus élevée.

Selon une caractéristique essentielle de l'invention, une gaine supplémentaire en acier est disposée autour de chaque barre absorbante, avec formation d'une fente annulaire entre la gaine (extérieure) supplémentaire et la gaine médiane; et un flux de gaz de refroidissement

circule dans cette fente annulaire.

L'absorbeur, comme dans la barre absorbante connue pour réacteurs à lit de boulets, est enfermé avec étanchéité au gaz par deux gaines, la gaine intérieure étant refroidie par le gaz de refroidissement circulant dans l'espace intérieur central. La gaine entourant extérieurement l'absorbant - et appelée gaine médiane ci-après - est selon l'invention refroidie par le flux de gaz caloporteur circulant de haut en bas dans la fente annulaire située entre ladite gaine et la gaine supplémentaire - ou gaine extérieure -. Les deux flux de gaz caloporteur circulent dans la barre absorbante par suite de la différence de pression motrice du flux principal de gaz caloporteur dirigé vers le bas dans le cœur du réacteur. La chaleur produite dans l'absorbant dans la barre est dirigée radialement vers les deux flux de gaz caloporteur, qu'elle échauffe légèrement pendant son passage dans la barre.

Il est avantageux d'utiliser pour le refroidissement des barres absorbantes une partie du flux de gaz caloporteur circulant dans le lit de boulets. Ce flux partiel est dérivé au-dessus du lit, puis dirigé à la fois dans l'espace intérieur central des barres absorbantes et dans la fente annulaire de ces barres. Le flux partiel est ainsi prélevé dans une zone où règnent des températures relativement basses du gaz caloporteur.

Une autre possibilité consiste à fournir extérieurement le gaz de refroidissement des barres absorbantes, c'est-à-dire à le prélever dans un réservoir de gaz. Ce gaz est également dirigé par le haut dans les espaces intérieurs centraux et les fentes annulaires des barres absorbantes.

Le flux de gaz caloporteur circulant dans la fente annulaire refroidit aussi la gaine extérieure, dont la température est ainsi comprise entre celle du gaz dans la fente annulaire et celle du gaz caloporteur circulant dans le lit de boulets. La température de la gaine extérieure est ainsi par principe inférieure à celle du gaz caloporteur dans le cœur du réacteur, au voisinage de la barre absorbante. Un choix judicieux des paramètres permet ainsi d'obtenir des températures suffisamment basses du matériau des gaines intérieure et extérieure. Il est donc possible d'utiliser aussi les barres absorbantes selon l'invention dans des réacteurs à haute température et à température

élevée de sortie du gaz caloporteur, tels que des réacteurs nucléaires accouplés à des turbomachines à gaz. Dans de telles installations à réacteur nucléaire et à circuit fermé du gaz caloporteur (installations à circuit unique), la température du gaz dans le cœur du réacteur atteint déjà 750 à 800 °C à une profondeur de 1,50 m, car le gaz caloporteur pénètre dans le cœur à une température supérieure d'environ 200 °C à la température d'entrée du gaz caloporteur dans les installations à deux circuits. Les valeurs précitées sont valables en cas d'utilisation dans une telle installation à circuit unique d'un procédé de chargement pour lequel les éléments combustibles atteignent le taux d'épuisement souhaité après un seul passage dans le cœur du réacteur (ce qui, par suite de la distribution de la puissance volumique résultante, conduit à une croissance rapide de la température du gaz caloporteur dans le tiers supérieur du cœur du réacteur).

Des nervures de guidage radiales, dont la taille et le nombre sont variables dans certaines limites, sont utilement disposées entre les gaines extérieure et médiane de chaque barre absorbante. Elles améliorent simultanément la transmission thermique entre la gaine extérieure, la gaine médiane ou les deux gaines et le gaz caloporteur. Une optimisation de la taille et du nombre des nervures de guidage est nécessaire, selon le mode d'utilisation et le fonctionnement prévus des barres absorbantes, en liaison avec la largeur de la fente annulaire, car une variation de la géométrie influence fortement les conditions d'écoulement dans la fente annulaire et par suite aussi les conditions de transmission thermique.

La fonction portante peut être assumée pour chaque barre absorbante par une ou plusieurs des trois gaines, selon les conditions imposées et des considérations constructives prioritaires. La gaine extérieure ne présente toutefois de préférence pas de fonction portante et sépare simplement le flux partiel de gaz caloporteur, refroidissant la barre absorbante, du flux principal. La gaine assumant la fonction portante présente des dimensions appropriées.

Comme précédemment indiqué, les barres absorbantes selon l'invention sont également utilisables dans des installations à turbine à gaz en circuit fermé, dont la source chaude est un réacteur à haute température. Une telle installation à turbine à gaz est par exemple décrite par la demande de brevet de la République fédérale d'Allemagne publiée

sous le n° 26 39 877. Elle comprend un réacteur nucléaire, logé dans la cavité d'un caisson garnie d'une peau d'étanchéité, au moins une turbine à compresseurs HP et le cas échéant BP, et plusieurs récupérateurs, précondenseurs et le cas échéant désurchauffeurs. Les éléments précités du circuit sont montés dans le même caisson que le réacteur nucléaire. La peau d'étanchéité de la cavité contenant le réacteur nucléaire est refroidie dans cette installation par un gaz à basse température, appelé gaz froid ci-après; la totalité du gaz sortant du compresseur HP balaie la surface de la peau d'étanchéité avant son entrée dans les récupérateurs. La température de ce "gaz froid" est d'environ 110 °C.

Selon une autre caractéristique avantageuse de l'invention, une partie du gaz froid est dirigée dans les espaces intérieurs centraux et les fentes annulaires des barres absorbantes d'une telle installation.

A sa sortie du compresseur HP, le gaz froid est dirigé de façon connue par une conduite, coaxiale à la conduite de gaz chaud sortant latéralement dans le bas du réacteur nucléaire, dans la cavité du réacteur, puis s'écoule dans un espace annulaire compris entre le bouclier latéral thermique et la peau d'étanchéité. Il pénètre ensuite dans un espace compris entre le bouclier supérieur thermique et la peau d'étanchéité, d'où il est dirigé vers les diverses barres absorbantes.

Les barres absorbantes présentent avantageusement des fentes d'entrée du gaz caloporteur, réparties sur le pourtour de leur extrémité supérieure, d'autres formes de sortie du gaz caloporteur à leur extrémité inférieure. Lorsque l'extrémité inférieure des barres absorbantes est conique, les fentes de sortie du gaz caloporteur de l'espace intérieur central se trouvent directement sur la pointe.

Lorsque du gaz froid à 110 °C environ est disponible pour le refroidissement des barres absorbantes dans le réacteur à haute température selon l'invention, chaque barre absorbante est avantageusement munie d'un dispositif de commande de l'entrée du gaz caloporteur en fonction de la profondeur de pénétration de la barre absorbante dans le lit de boulets. Cette disposition vise à réduire au maximum la diminution inévitable (même très faible) du rendement par suite de la détérioration du taux d'échange des récupérateurs. Selon une autre caractéristique de l'invention, du gaz froid n'est donc dirigé dans

les barres absorbantes qu'en cas de besoin, c'est-à-dire quand les pointes de ces barres se trouvent au-dessous d'une profondeur de pénétration constante dans le lit de boulets. On évite ainsi une dérivation permanente du gaz froid dans le cœur du réacteur.

5 Le dispositif de commande est réalisable sous forme d'une commande à tiroir, la barre absorbante assumant elle-même la fonction du tiroir. Grâce à un joint d'étanchéité judicieusement disposé, le flux de gaz froid ne peut s'écouler dans la barre absorbante qu'à partir d'une profondeur de pénétration donnée. Un autre joint d'étanchéité 10 interdit la pénétration constante du gaz froid dans le cœur du réacteur, le long de l'extérieur des barres absorbantes.

15 Le dispositif de commande peut aussi être constitué par un étrangleur ajustable du gaz caloporteur. Cet étrangleur est utilement disposé dans l'espace délimité autour de la barre absorbante considérée par la peau d'étanchéité de la cavité et le bouclier thermique supérieur.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention seront mieux compris à l'aide de la description détaillée ci-dessous d'un exemple de réalisation et des dessins annexés sur lesquels :

la figure 1 est la coupe horizontale suivant l'axe I-I de la figure 2;

20 la figure 2 est la coupe verticale suivant l'axe II-II de la figure 1;

la figure 3 est la coupe verticale d'une barre absorbante;

la figure 4 est la coupe verticale partielle d'une autre barre absorbante, à plus grande échelle;

la figure 5 est la coupe horizontale suivant l'axe V-V de la figure 4;

25 la figure 6 représente une barre absorbante avec un dispositif de commande de l'entrée du gaz caloporteur;

la figure 7 représente une barre absorbante avec un autre dispositif de commande de l'entrée du gaz caloporteur; et

la figure 8 représente une autre variante de ce dispositif de commande.

30 L'exemple de réalisation décrit est un réacteur à haute température et circuit fermé de gaz, accouplé à une turbine à gaz. Il s'agit d'une installation à circuit unique, désurchauffe et deux conduites de gaz chaud sortant du réacteur; le branchement des appareils échangeurs de chaleur est également à deux conduites.

35 Les figures 1 et 2 représentent un caisson en béton précontraint 1, cylindrique et logé au centre d'une cuve en béton armé, également cylindrique (et non représentée). Le caisson en béton précontraint

1 contient un réacteur à haute température 2 et les autres éléments du circuit de refroidissement primaire, à savoir un groupe turboalimenteur à gaz, deux récupérateurs, deux précondenseurs et deux désur-chauffeurs.

5 Le réacteur à haute température 2, logé dans une cavité 3, est un réacteur refroidi par hélium, modéré au graphite et à boulets combustibles. Au-dessous de la base du cœur du réacteur se trouve un collecteur 4 des gaz chauds sortant du cœur. Au-dessus du cœur du réacteur se trouve un collecteur 5, qui recueille le gaz chaud provenant du circuit principal, avant son retour dans le cœur. Ce dernier est entouré par un bouclier thermique 6 cylindrique et un bouclier thermique supérieur 6a.

10 La caverne 3 comporte une peau d'étanchéité 7, sans dispositif de protection thermique, tel qu'isolation ou système de refroidissement, du côté du réacteur. Un espace annulaire 8 se trouve entre le bouclier thermique 6 et la peau d'étanchéité 7. Un autre espace 8a est prévu entre le bouclier thermique supérieur 6a et la peau d'étanchéité 7.

15 Le plafond du caisson 1 en béton précontraint est traversé par des tubes blindés 30, dans lesquels sont mobiles des barres absorbantes 31, pénétrant directement dans le lit de boulets combustibles. Un tube d'alimentation 32 permet l'introduction des boulets dans le réacteur à haute température 2. L'évacuation des boulets du cœur s'effectue par un tube d'extraction 33. Les figures 3, 4 et 5 sont une représentation 20 plus précise des barres absorbantes 31.

25 Deux tubulures de sortie 9, disposées latéralement dans le bas, et deux tubulures d'entrée 10, disposées latéralement dans le haut, relient le réacteur à haute température 2 aux autres éléments du circuit principal.

30 Un conduit horizontal 11 est réalisé dans le caisson en béton précontraint 1, au-dessous du réacteur à haute température 2 et perpendiculairement à son axe. Une turbine à gaz 12 à un arbre, un compresseur BP 13 et un compresseur HP 14 sont montés dans ce conduit, dans des enveloppes séparées. Les compresseurs et la turbine à gaz sont 35 montés sur un arbre commun. Un alternateur (non représenté) est monté dans la cuve et accouplé à la turbine à gaz 12.

Deux conduits de gaz 15 verticaux s'élèvent sur le côté de la

turbine à gaz 12, jusqu'au niveau de la base du cœur du réacteur; une canalisation 16 de gaz chaud sortant du cœur est logée dans chacun de ces conduits. Chaque conduite 16 est reliée à une tubulure 9 de sortie du réacteur et à une tubulure d'entrée de la turbine. A la partie 5 supérieure du caisson en béton précontraint 1 se trouvent deux autres conduits de gaz 17 verticaux, alignés chacun sur un des conduits de gaz 15. Chacun d'eux contient une conduite 18 de gaz chaud, reliée à une des deux tubulures 10 d'entrée du réacteur.

Six alvéoles verticaux 19, obturés par des couvercles 20 résistant à l'éclatement, sont disposés sur un cercle autour de la cavité 3 du réacteur. Les alvéoles 19 contiennent les appareils d'échange de la chaleur; Deux récupérateurs 21, deux précondenseurs 22 et deux désur-chauffeurs 23 sont logés symétriquement par rapport au conduit 11 de turbine. Tous ces appareils sont montés au même niveau que la cavité 15 3 du réacteur. Trois autres alvéoles verticaux 29 sont prévus pour le logement d'un système d'évacuation de chaleur résiduelle.

Plusieurs trajets de gaz horizontaux sont prévus au niveau du conduit de la turbine, dans le caisson en béton précontraint 1, pour relier les appareils d'échange de la chaleur d'une ligne entre eux ou 20 avec le groupe turboalternateur à gaz. Un trajet 24 assure la circulation du gaz entre le récupérateur et le précondenseur de chaque ligne, tandis qu'un trajet 25 relie chacun des deux récupérateurs 21 à une tubulure de sortie de la turbine. Un trajet 26 dirige le gaz entre les précondenseurs 22 et les deux tubulures d'entrée du compresseur BP 13, et un trajet 27 du gaz est prévu entre les sorties du compresseur BP et les 25 deux désurchauffeurs 23. A un niveau légèrement inférieur se trouvent deux trajets 28 du gaz, reliant les deux désurchauffeurs 23 aux entrées du compresseur HP.

Entre le compresseur HP 14 et les deux récupérateurs 21, le gaz 30 circule sur une grande partie de son parcours dans les conduits verticaux 15, en s'écoulant autour des conduites 16 de gaz chaud sortant du réacteur et les conduites 18 de gaz chaud entrant dans le réacteur, réalisées sous forme de trajets coaxiaux. Entre le conduit 15 et le conduit 17, le gaz à une température d'environ 110 °C, est introduit 35 dans la cavité 3 du réacteur, coaxialement aux tubulures 9 de sortie de ce dernier, puis pénètre dans l'espace annulaire 8 entre le bouclier

thermique 6 et la peau d'étanchéité 7. Dans cet espace annulaire, il s'écoule vers le haut dans l'espace 8a en refroidissant la peau d'étanchéité 7 dans la région de l'espace annulaire 8 et de l'espace 8a. Selon une caractéristique de l'invention, une partie du gaz froid 5 est dirigée dans les barres absorbantes 31, qu'elle balaye de haut en bas dans un espace intérieur central 40 et une fente annulaire 41, comme l'indique la figure 3. Le gaz froid sort ensuite des barres absorbantes 31 par leur extrémité inférieure, puis se mélange au flux principal de gaz caloporeur, qui traverse le lit de boulets combustibles.

10 La figure 3 représente une barre absorbante 31, cylindrique et munie d'une pointe tronconique. Cette dernière présente un évidement 35 adapté à la forme des boulets combustibles. La barre absorbante 31 est constituée par trois gaines coaxiales en acier; la gaine intérieure 15 36 et la gaine médiane 37 enferment un absorbant 39 (B_4C) avec étanchéité au gaz.

La gaine intérieure 36 constitue le tube porteur, qui assume la fonction portante et la transmission de forces lors des déplacements de la barre. Elle présente une épaisseur de paroi appropriée. Un espace 20 libre 40 est prévu à l'intérieur. La gaine médiane 37 et la gaine extérieure 38 sont séparées par une fente annulaire 41. La gaine médiane 37 porte des ailettes de refroidissement 42, s'étendant dans la fente annulaire 41.

25 La partie supérieure de la barre absorbante 31 porte plusieurs fentes (non représentées) pour l'entrée du gaz caloporeur froid. La pointe 34 de la barre comporte des ouvertures de sortie 43, reliées à l'espace intérieur 40. D'autres fentes 44 sont prévues à l'extrémité inférieure de la gaine extérieure 38 pour la sortie du gaz froid.

Une partie du gaz froid circulant dans l'espace 8a (cf. figure 2) 30 est dérivée dans chacune des barres absorbantes 31. Des flèches indiquent sur la figure 3 le trajet d'écoulement du gaz froid dans la barre absorbante 31. Le gaz froid circulant dans l'espace intérieur 40 refroidit la gaine intérieure 36, tandis que la gaine médiane 37 et la gaine extérieure 38 sont refroidies par le gaz froid circulant 35 dans la fente annulaire 41.

Les figures 4 et 5 représentent partiellement une variante de la barre absorbante 31. Cette dernière comporte aussi trois gaines

coaxiales; la fonction portante est toutefois assumée dans ce cas par la gaine extérieure 47, qui présente une épaisseur de paroi supérieure à celle de la gaine de la barre précédemment décrite. La gaine intérieure 45 et la gaine médiane 46 enferment l'absorbant 48 en B_4C avec étanchéité au gaz. Le gaz froid pénétrant dans la barre absorbante par le haut circule de nouveau dans un espace intérieur libre 49 et une fente annulaire 50, comprise entre les gaines médiane et extérieure. Des nervures de guidage 51, disposées dans la fente annulaire 50, maintiennent constante la distance entre les deux gaines 46 et 47, et améliorent la transmission thermique.

La chaleur produite dans l'absorbant 48 est évacuée radialement vers l'intérieur et l'extérieur par les deux flux de gaz caloporteur, qui s'échauffent ainsi légèrement. La variation de température à travers la paroi de la barre isolante est représentée schématiquement sur la figure 4. On voit que la température de la gaine extérieure 47 est comprise entre celle du gaz caloporteur dans le cœur et celle du gaz caloporteur dans la fente annulaire 50; en d'autres termes, elle prend par principe une valeur inférieure à la température du cœur au voisinage de la barre absorbante 31.

Les figures 6, 7 et 8 représentent trois variantes de réalisation d'un dispositif de commande 52 pour la régulation de l'entrée du gaz froid dans une barre absorbante 31 en fonction de la profondeur de pénétration de cette dernière dans le lit 53 de boulets combustibles 54. La barre absorbante 31 est mobile dans le tube blindé 30, monté dans le plafond du caisson en béton précontraint 1, comme précédemment décrit à l'aide des figures 1 et 2.

Le gaz froid pénètre dans l'espace 8a compris entre la peau d'étanchéité 7 et le bouclier thermique supérieur 6a. Entre ce dernier et le réflecteur supérieur 55 se trouve le collecteur 5 de gaz chaud entrant dans le cœur; du gaz caloporteur à 468 °C passe de ce collecteur dans le lit 53 de boulets conductibles, à travers des ouvertures non représentées du réflecteur supérieur 55. La partie supérieure de la barre absorbante 31 comporte sur son pourtour une rangée de fentes 56 d'entrée du gaz froid. Les fentes de sortie 43, 44 sont prévues sur la pointe 34 de la barre. Un entraînement 57, logé dans un cylindre moteur 58, déplace la barre absorbante 31. L'entraînement 57 fonctionne pneumatiquement.

Le dispositif de commande 52 de la barre absorbante 31 représentée sur les figures 6 et 7 est réalisé sous forme d'une commande à tiroir, la fonction du tiroir étant assumée par la barre elle-même. Un prolongement du cylindre moteur 58 porte un joint d'étanchéité 59, qui ne permet l'écoulement du gaz froid dans les fentes d'entrée 56 de la barre absorbante 31 qu'à partir d'une profondeur de pénétration donnée de cette barre dans le lit 53 de boulets combustibles. La position du joint d'étanchéité 59 est déterminée par les fentes d'entrée 56 qui, dans la position haute de la barre, ne doivent pas pénétrer dans le cylindre moteur 58.

Un cylindre 60, muni de fentes 61 pour le passage du gaz froid, est disposé autour de la barre absorbante 31 dans l'espace 8a, d'où le gaz froid est dérivé. Il est nécessaire d'isoler l'espace enfermé par le cylindre 60 du lit 53 et du collecteur 5 de gaz chaud entrant dans le cœur, afin d'interdire une dérivation permanente du gaz froid vers le lit 53 de boulets combustibles.

Dans l'exemple de réalisation selon figure 6, un joint d'étanchéité 62 est prévu pour ce faire dans le réflecteur supérieur 55 et le collecteur de gaz chaud entrant dans le cœur contient un second cylindre 63 autour de la barre isolante 31.

La figure 7 représente une autre solution pour interdire une dérivation de gaz froid vers le lit 53 de boulets combustibles. Le cylindre moteur porte dans ce cas un prolongement 64, qui pénètre dans le réflecteur supérieur 55, en prenant appui avec étanchéité dans le passage du bouclier thermique supérieur 6a prévu pour la barre absorbante 31. Un joint d'étanchéité 65 est disposé à l'intérieur de l'extrémité inférieure du prolongement 64.

Dans le cas de la barre absorbante 31 selon figure 8, le dispositif de commande 52 est constitué par un étrangleur 66 réglable de gaz calorifuge, monté à l'intérieur du cylindre 60 entourant la barre 31. Il est commandé en fonction de la profondeur de pénétration de la barre absorbante 31. Du gaz froid pénètre donc dans l'espace enfermé par le cylindre 60 uniquement quand la pointe 34 de la barre a atteint une profondeur prédéterminée. Une étanchéité par rapport au lit 53 de boulets combustibles est donc inutile. Un cylindre 63 entourant la barre absorbante 31 isole le collecteur 5 de gaz chaud entrant dans le cœur du gaz froid. Sur la figure 8, l'étrangleur 66 de gaz calopor-

teur est représenté en position d'ouverture sur le côté gauche de la barre absorbante 31 et en position de fermeture sur le côté droit.

Bien entendu, diverses modifications peuvent être apportées par l'homme de l'art au principe et aux dispositifs qui viennent d'être décrits uniquement à titre d'exemples non limitatifs, sans sortir du cadre de l'invention.

Revendications

1. Réacteur à haute température et refroidissement par gaz, comportant un lit de boulets combustibles, parcouru de haut en bas par le gaz de refroidissement, et des barres absorbantes, insérables directement dans le lit, constituées par deux gaines coaxiales en acier et un absorbant, que les deux gaines enferment avec étanchéité au gaz, et à l'intérieur desquelles circule un flux de gaz de refroidissement, ledit réacteur étant caractérisé par une gaine supplémentaire en acier, disposée autour de chaque barre absorbante avec formation d'une fente annulaire entre la gaine (extérieure) supplémentaire et la gaine médiane; et par la circulation d'un flux de gaz de refroidissement dans la fente annulaire.
2. Réacteur selon revendication 1, caractérisé en ce qu'une partie du flux de gaz de refroidissement à diriger dans le lit de boulets combustibles est dérivée au-dessus du lit, puis dirigée dans l'espace intérieur central des barres absorbantes et dans la fente annulaire de ces barres.
3. Réacteur selon revendication 1, caractérisé en ce que le flux de gaz de refroidissement dirigé dans l'espace intérieur central et dans la fente annulaire des barres absorbantes est prélevé dans un réservoir de gaz.
4. Réacteur selon une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé par des nervures de guidage radiales entre les gaines extérieure et médiane.
- 25 5. Réacteur selon une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la fonction portant de chaque barre absorbante est assumée par ses trois gaines, ou par deux d'entre elles seulement.
6. Réacteur selon une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la fonction portante de chaque barre absorbante est assumée par une seule de ses trois gaines.
- 30 7. Réacteur selon revendication 2, logé dans une cavité du caisson, revêtue d'une peau d'étanchéité qui est refroidie par du gaz à basse température (gaz froid), et accouplé à au moins un groupe turboalimenteur à gaz, monté dans le même caisson, ledit réacteur étant caractérisé en ce qu'une partie du gaz froid est dirigée dans les espaces intérieurs centraux et dans les fentes annulaires des barres absorbantes.

8. Réacteur selon une quelconque des revendications 1, 2 et 7, caractérisé en ce que les barres absorbantes comportent sur le pourtour de leur extrémité supérieure des fentes d'entrée du gaz de refroidissement et, sur leur extrémité inférieure, d'autres fentes de sortie du gaz de refroidissement.
- 5
9. Réacteur selon revendication 7, caractérisé en ce que chaque barre absorbante est munie d'un dispositif de commande de l'entrée du gaz froid en fonction de sa profondeur de pénétration dans le lit de boulets combustibles.
10. Réacteur selon revendication 9, caractérisé par la réalisation du dispositif de commande sous forme d'une commande à tiroir, la barre absorbante assumant elle-même la fonction du tiroir.
11. Réacteur selon revendication 9, caractérisé en ce que le dispositif de commande est constitué par un étrangleur réglable.

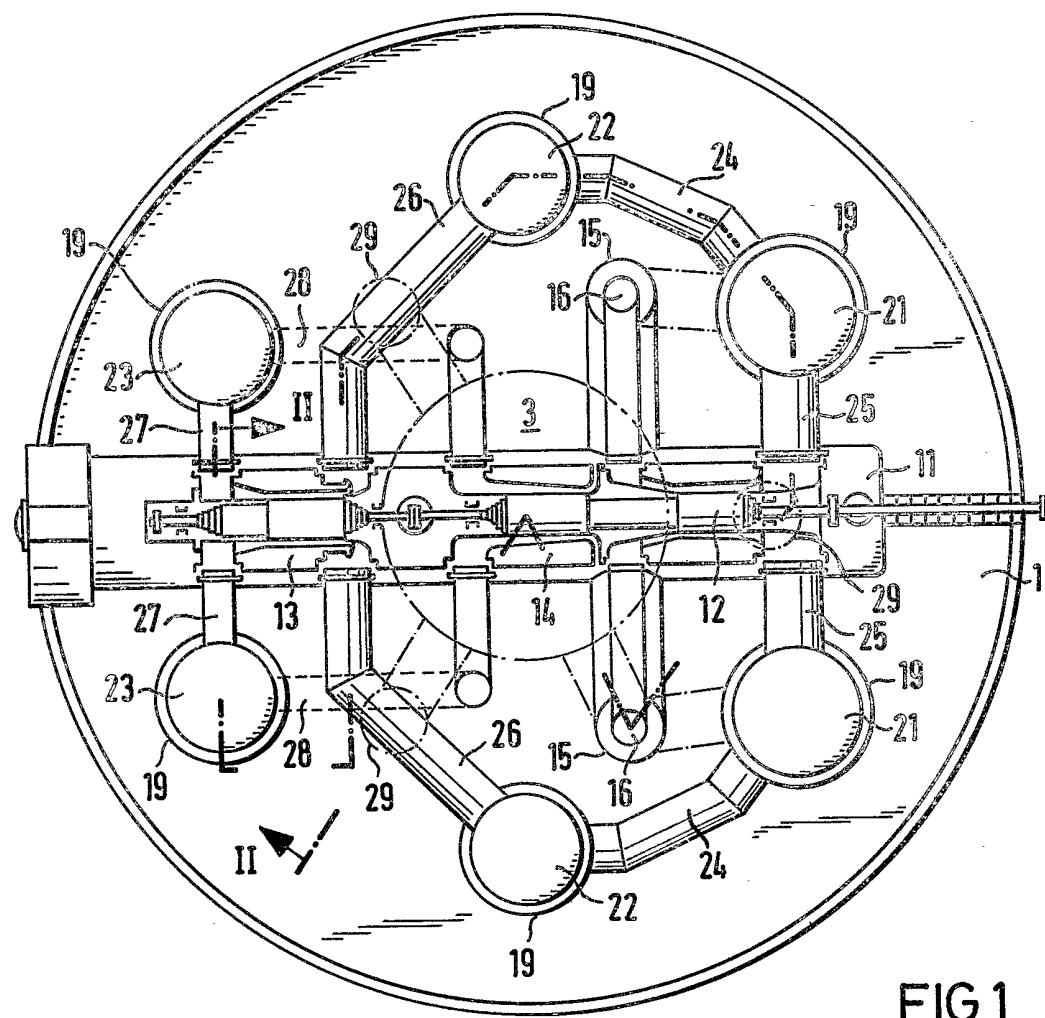
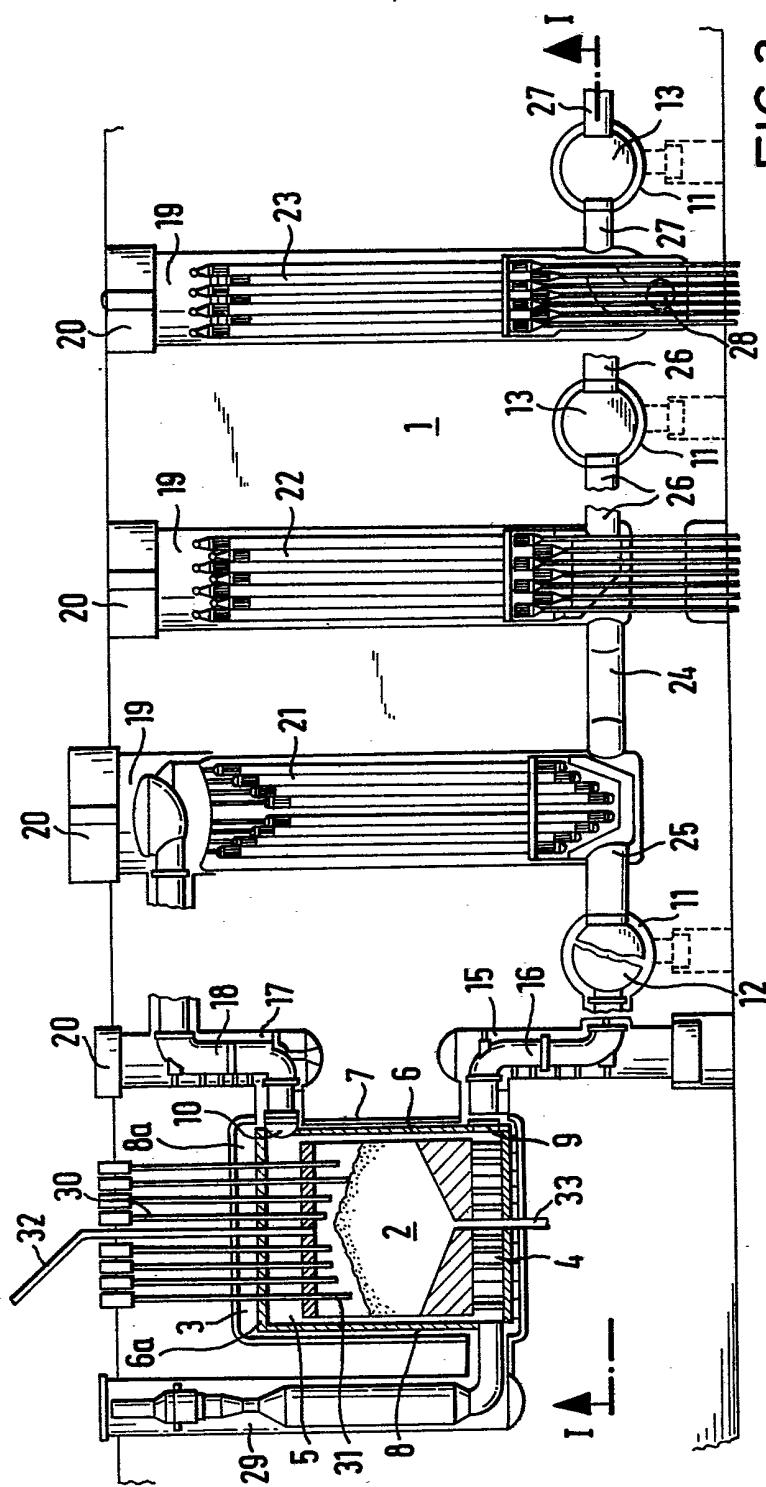


FIG.1

FIG. 2



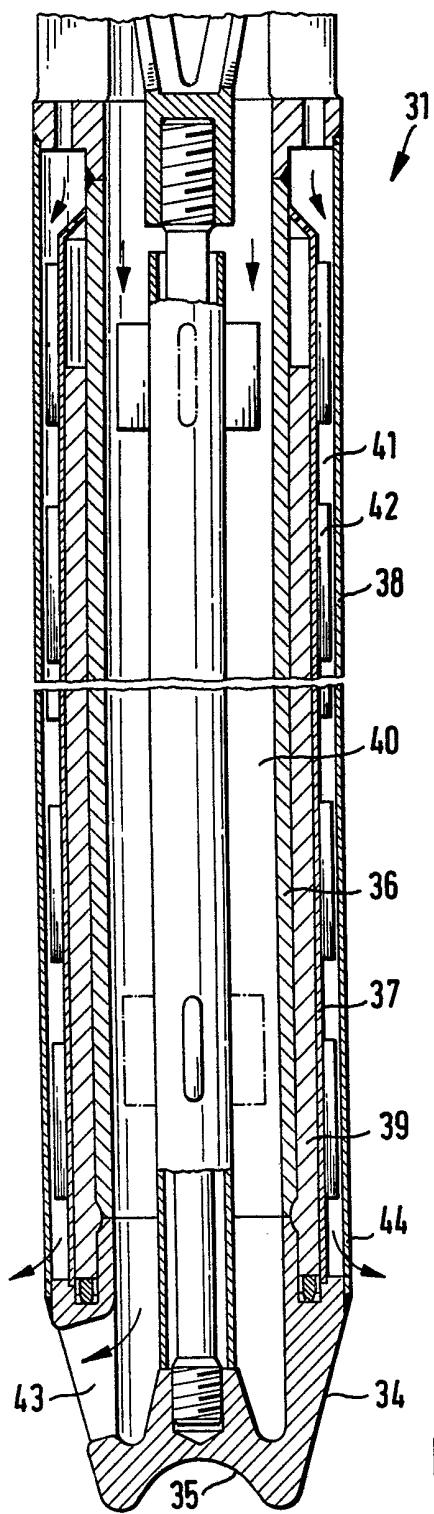


FIG.3

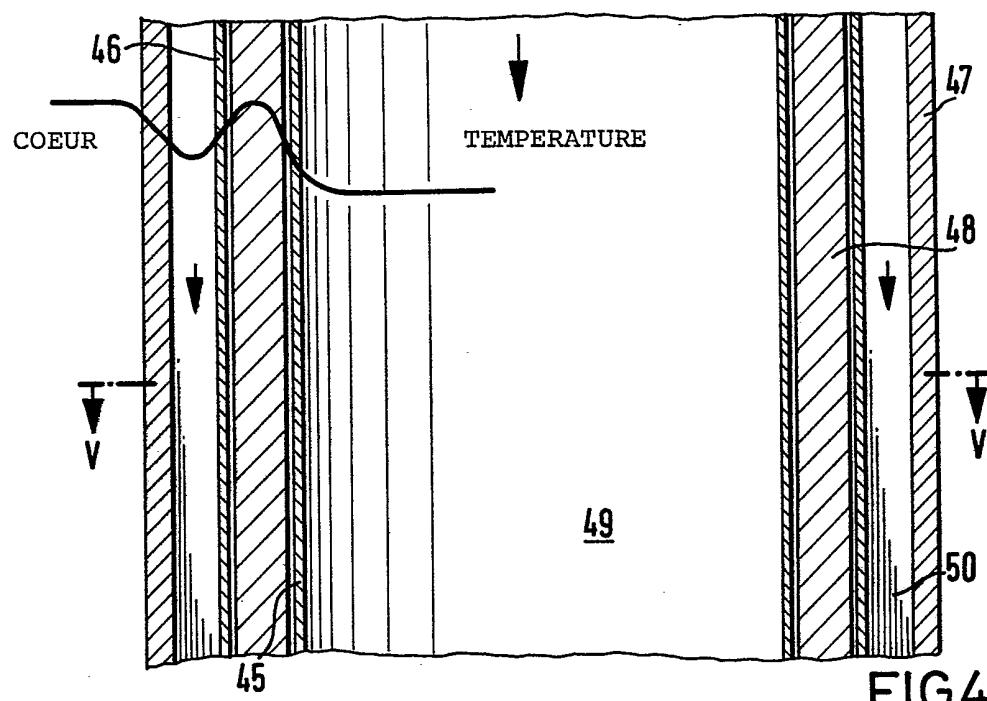


FIG.4

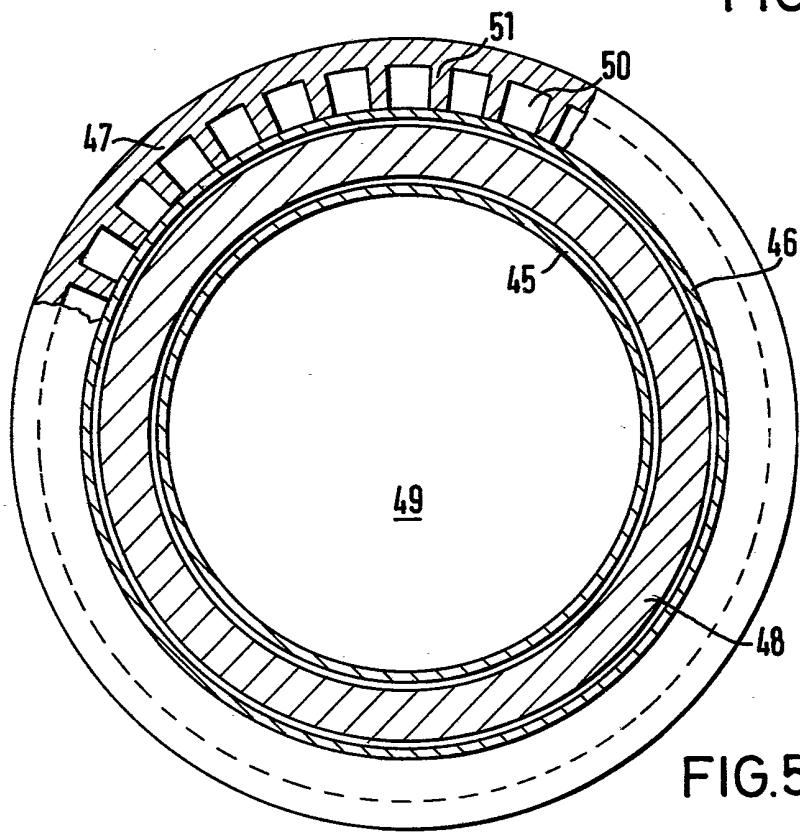


FIG.5

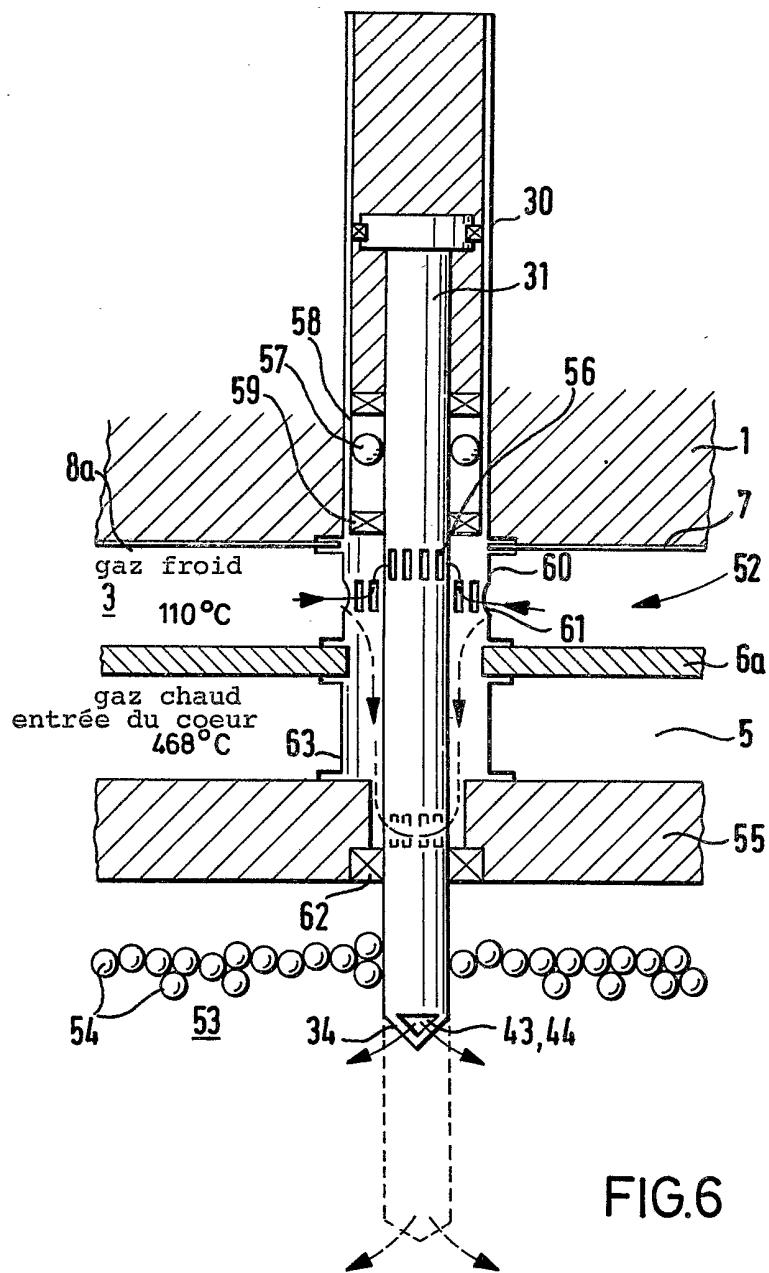


FIG.6

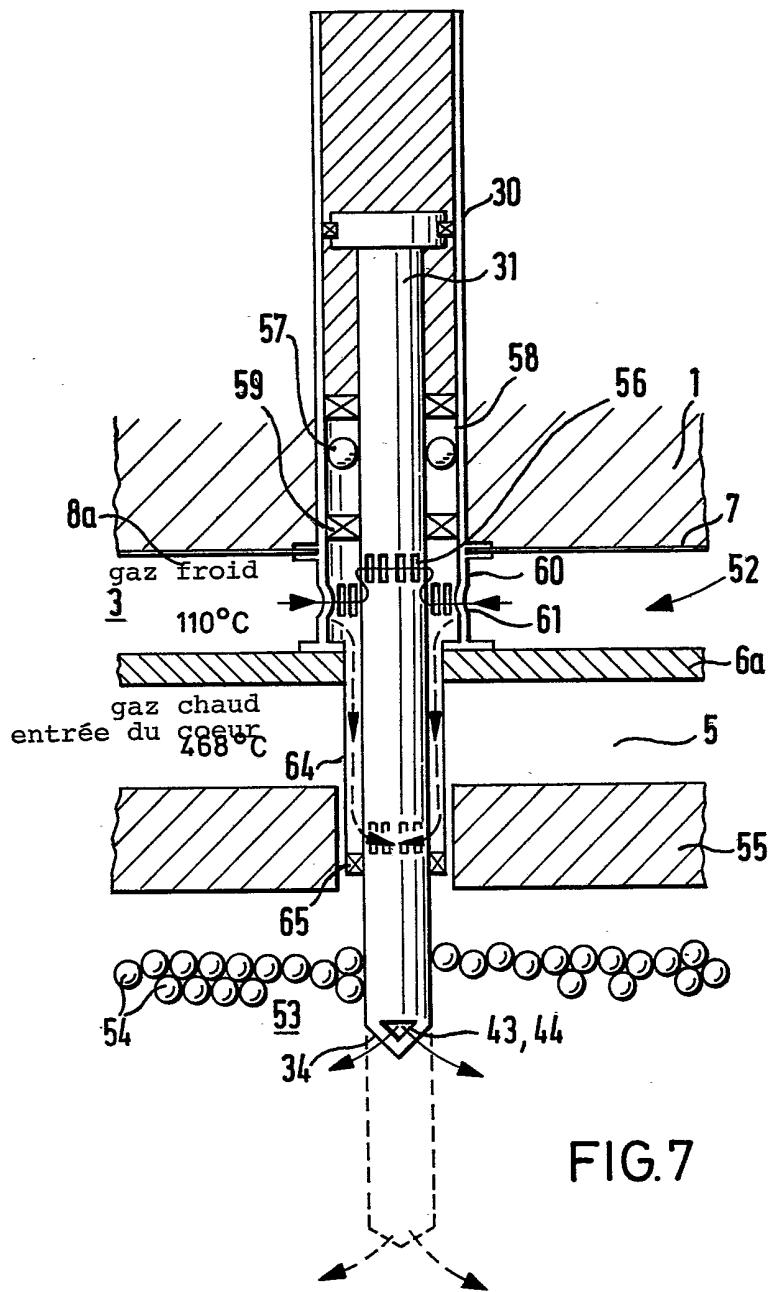


FIG.7

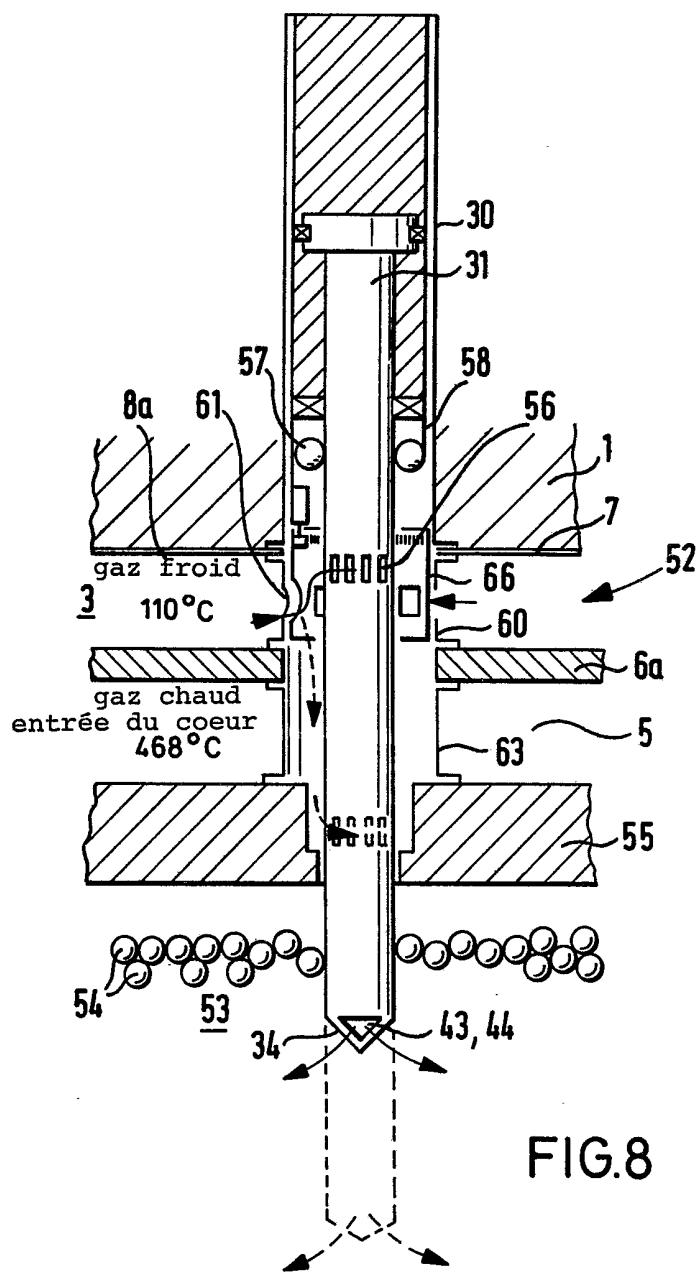


FIG.8