

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
—
PARIS
—

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

2 561 029

②1 N° d'enregistrement national :

84 03674

⑤1 Int Cl⁴ : G 21 C 15/02.

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 9 mars 1984.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 37 du 13 septembre 1985.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : *COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATO-
MIQUE, Etablissement de Caractère Scientifique, Tech-
nique et Industriel et ELECTRICITE DE FRANCE, Service
National.* — FR.

⑦2 Inventeur(s) : Pierre Peturaud et Michel Sauvage.

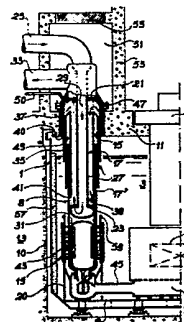
⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : Brevatome.

⑤4 Réacteur nucléaire refroidi par un métal liquide.

⑤7 Réacteur nucléaire à neutrons rapides.

Il comprend une cuve principale obturée par une dalle et dans laquelle est disposé le cœur 5 du réacteur. La cuve contient un métal liquide primaire 3 circulant entre la partie supérieure de la cuve et le sommier de supportage et d'alimentation 7 du cœur 5, à travers au moins un composant 8 formé par l'adjonction axiale d'une pompe de circulation 19 et d'un échangeur thermique 17. La partie supérieure de l'échangeur 17, comportant les orifices d'entrée 37, est logée dans un caisson 51 de la dalle 11. Les orifices d'entrée sont situés au niveau, voire au-dessus de la semelle inférieure de ladite dalle 11.



FR 2 561 029 - A1

D

REACTEUR NUCLEAIRE REFROIDI PAR UN METAL LIQUIDE

La présente invention concerne un réacteur nucléaire à neutrons rapides de type intégré, dans lequel l'échangeur de chaleur et la pompe de circulation sont associés axialement, formant un composant unique, ladite pompe du type électromagnétique, étant entièrement immergée dans le métal liquide et ledit échangeur ayant sa partie supérieure, au niveau de laquelle s'effectue l'alimentation en sodium primaire chaud, logée dans l'un des caissons de la dalle de fermeture.

On sait que les réacteurs à neutrons rapides de type intégré se caractérisent par le fait que l'ensemble du circuit primaire du réacteur est logé à l'intérieur d'une cuve dite cuve principale, obturée par une dalle. Ainsi, on trouve à l'intérieur de la cuve principale le coeur du réacteur, les pompes du circuit primaire et les échangeurs assurant le transfert de la chaleur entre le circuit primaire et le circuit secondaire, l'ensemble étant immergé dans un métal liquide généralement constitué par du sodium, surmontée à proximité de la dalle par une couverture d'un gaz inerte tel que de l'argon.

Dans les réacteurs de ce type, les pompes et les échangeurs sont généralement répartis circonférentiellement autour de l'axe de la cuve principale et du coeur du réacteur contenu dans celle-ci. Les orifices d'entrée du sodium primaire dans l'échangeur sont disposés en-dessous du niveau libre du sodium chaud de la cuve principale, tandis que les orifices de sortie sont disposés dans un collecteur froid, formé par une structure interne, parfois appelé redan, qui sépare les volumes de sodium chaud et froid. Le sodium du collecteur froid est aspiré par les pompes, puis refoulé, à travers des conduits de forte section, dans

le sommier de supportage et d'alimentation du coeur.

5 Bien qu'elle donne des résultats satisfaisants du point de vue fonctionnement du réacteur, cette conception présente cependant l'inconvénient de nécessiter un collecteur froid formé par une structure interne très sollicitée, de forme parfois complexe et de coût élevé, notamment en raison de la masse importante d'acier inoxydable de qualité nucléaire requise pour sa réalisation et en raison des formes complexes des différentes pièces.

10 On connaît également un réacteur nucléaire à neutrons rapides du type intégré, comprenant un composant formé par une pompe mécanique et un échangeur associés axialement. (Demande de brevet français EN 75 29573 du 26 septembre 1975). Pour ce réacteur qui comprend toujours un collecteur froid "à redan", les orifices d'alimentation de l'échangeur sont entièrement disposés sous le niveau libre du sodium chaud de la cuve principale. Une telle conception de réacteur nécessite une hauteur de cuve importante, donc coûteuse en raison de la masse supplémentaire d'acier inoxydable de qualité nucléaire. Un autre inconvénient provient du fait que l'élanement de la cuve, c'est-à-dire le rapport de l'épaisseur de la paroi sur sa hauteur, est très faible. Cette caractéristique est défavorable du point de vue de la résistance aux séismes.

20 La présente invention a précisément pour objet un réacteur nucléaire à neutrons rapides de type intégré comprenant au moins un composant dont la pompe et l'échangeur sont associés axialement, et une dalle à caissons telle que décrite dans la demande de brevet français N 8100963 du 20 janvier 1981, permettant de limiter les inconvénients des réacteurs mentionnés ci-dessus.

35 A cet effet, et conformément à l'invention,

il est proposé un réacteur nucléaire à neutrons rapides comprenant une cuve principale obturée par une dalle à caissons et dans laquelle est disposé le coeur du réacteur, ladite cuve contenant un métal liquide primaire circulant entre la partie supérieure de ladite cuve et le sommier de supportage et d'alimentation du coeur, à travers au moins un composant formé par l'adjonction axiale d'une pompe de circulation et d'un échangeur thermique caractérisé en ce que la partie supérieure de l'échangeur comportant les orifices d'entrée du métal liquide primaire, est logée dans un caisson de la dalle, lesdits orifices d'entrée étant situés au niveau, voire au-dessus de la semelle inférieure de ladite dalle.

Grâce à l'introduction partielle de l'échangeur dans un caisson bétonné de la dalle, assurant la protection biologique, la hauteur supplémentaire de la cuve, nécessaire pour y loger un composant issu de la superposition axiale d'une pompe et d'un échangeur, est limitée, ce qui permet d'améliorer la résistance aux séismes et de diminuer le coût du réacteur. Ce gain en hauteur est obtenu, que la cuve soit posée sur le fond du puits de cuve, ou pendue par sa partie supérieure au puits de cuve ou à la dalle.

Par ailleurs, la superposition de la pompe de circulation et de l'échangeur thermique permet de diminuer le nombre de traversées de la dalle qui pour le réacteur de l'invention correspond à une traversée par composant associé : pompe/échangeur, alors que pour un réacteur nucléaire du type intégré classique, il faut une traversée pour la pompe et une autre traversée pour l'échangeur.

Conformément, à une autre caractéristique de l'invention, les orifices de sortie de l'échangeur thermique sont directement reliés aux orifices d'en-

trée de la pompe de circulation au moyen d'une virole cylindrique.

5 Il en résulte une simplification des structures internes du bloc réacteur avec la suppression de toute cuve interne ou redan, le collecteur froid, dans la disposition selon l'invention, se limitant à la liaison hydraulique entre l'échangeur et la pompe associés axialement.

10 Dans une première variante de l'invention, la pompe de circulation et l'échangeur thermique sont des éléments disjoints, l'échangeur étant pendu à la dalle au moyen de brides de support, et la pompe de circulation étant posée sur la structure de supportage du sommier au moyen d'une virole de support.

15 Dans un mode de réalisation particulier, la liaison hydraulique entre l'échangeur et la pompe est assurée au moyen d'une cloche d'étanchéité.

20 Dans une deuxième variante de l'invention, la pompe de circulation et l'échangeur thermique forment un composant monolithique qui est pendu à la dalle ou posé sur la structure de supportage du sommier.

25 L'invention est exposée ci-après plus en détail à l'aide de deux figures représentant deux modes d'exécution illustratifs et non limitatifs du circuit primaire d'un réacteur nucléaire à neutrons rapides réalisés conformément aux enseignements de la présente invention.

30 La figure 1 représente une vue en coupe d'un réacteur nucléaire à neutrons rapides refroidis par un métal liquide conforme à l'invention.

La figure 2 représente une variante du réacteur de la figure 1.

35 Comme l'illustrent les figures 1 et 2, la conception d'ensemble du réacteur selon l'invention

est conforme à celle des réacteurs nucléaires à neutrons rapides du type intégré. Ainsi le réacteur des figures 1 et 2 comprend un bâtiment réacteur 13 en béton armé, définissant un puits de cuve 10 dans lequel est logé une cuve principale 1. Pour des raisons de sûreté, la cuve 1 est doublée extérieurement par une seconde cuve dite cuve de sécurité (non représentée). La cuve 1 est obturée à son extrémité supérieure par une dalle à caissons 11 en béton armé. Dans l'exemple de réalisation représenté sur la figure 1, la cuve 1 est posée sur le fond du puits de cuve 10 ; et dans l'exemple de réalisation représenté sur la figure 2, la cuve 1 est pendue par sa partie supérieure à la dalle à caissons 11.

Le réacteur nucléaire comporte un circuit du métal liquide primaire. Ce circuit comporte des composants comprenant chacun un échangeur de chaleur 17 associé axialement à une pompe de circulation 19 qui assure le refoulement du métal liquide dans le sommier 7 supportant le coeur. Un seul composant a été représenté sur les figures 1 et 2. Le métal liquide traverse le coeur 5 verticalement de bas en haut et s'échauffe au contact des assemblages combustibles. Le sodium chaud sortant du coeur est aspiré dans l'échangeur 17 dans lequel il se refroidit, puis pénètre dans la pompe 19. L'échangeur 17 est appelé intermédiaire car il forme la liaison entre le circuit primaire et le circuit secondaire inactif. Le circuit secondaire assure une circulation du fluide secondaire, généralement un métal liquide tel que le sodium, pour assurer le transfert de la chaleur du métal liquide primaire vers les générateurs de vapeur. Ce circuit comporte des pompes de circulation extérieures au bloc réacteur et non représentées.

Dans les deux exemples de réalisation dé-

crit, l'échangeur intermédiaire 17 est du type à tubes droits avec circulation du métal liquide primaire à l'extérieur des tubes, mais d'autres types d'échangeurs pourraient être envisagés. Il comporte une plaque à tubes supérieure 21 et une plaque à tubes inférieure 23. Un faisceau de tubes s'étend entre la plaque 21 et la plaque 23. Le fluide secondaire est amené à la partie supérieure de l'échangeur par la canalisation calorifugée 25. Il traverse l'échangeur 17 de haut en bas par la cheminée centrale 27 (flèche 29) puis remonte à l'intérieur des tubes du faisceau. Le fluide secondaire chaud est ensuite acheminé vers les générateurs de vapeur par la canalisation calorifugée 33. Une isolation thermique entre l'échangeur et la traversée 15 de la dalle 11 est assurée par le calorifuge 40. Le fluide primaire est mis en circulation par des pompes telles que 19, ces pompes étant préférentiellement des pompes électromagnétiques.

Les pompes électromagnétiques représentées sur les figures 1 et 2 sont connues en elles-mêmes. Conformément à une variante de l'invention, ces pompes 19 sont disjointes des échangeurs 17 et, dans ce cas, sont posées respectivement sur la structure de supportage 9 du sommier 7. Le métal liquide chaud 3 contenu dans la cuve 1 est aspiré à l'intérieur de l'échangeur 17 grâce à une cloche d'alimentation 35. Cette cloche se compose d'une jupe cylindrique, qui détermine avec l'enveloppe extérieure de l'échangeur un passage annulaire. La partie inférieure de la cloche plonge dans le sodium liquide à un niveau tel qu'elle demeure immergée quelles que soient les conditions de fonctionnement du réacteur. La cloche permet au sodium de remonter jusqu'aux orifices d'entrée 37 de l'échangeur, disposés au niveau ou au-dessus de la semelle de la dalle 11, grâce au circuit de mise en dépression 50.

Cela permet de limiter l'augmentation de la hauteur de la cuve consécutivement à l'encombrement vertical du composant.

5 Après son entrée dans l'échangeur, le fluide
primaire circule de haut en bas selon le sens de la
flèche 39 autour du faisceau de tubes. Il ressort à la
partie inférieure par les orifices 41 pour pénétrer
dans le conduit annulaire 43 de la pompe électromagné-
10 tique. En sortie de pompe, le métal liquide est envoyé
dans une canalisation 45 raccordée au sommier de sup-
port 7.

Le composant formé par la pompe électroma-
gnétique et l'échangeur intermédiaire peut constituer
un ensemble monobloc. Cet ensemble est alors suspendu
15 à la dalle 11 par l'intermédiaire de brides de support
47, ou posé sur la structure de supportage 9 du
sommier 7.

L'échangeur et la pompe peuvent également
être séparés, comme c'est le cas dans les deux exem-
20 ples de réalisation représentés. Dans ce cas, l'échan-
geur intermédiaire seul est suspendu à la dalle 11 par
l'intermédiaire des brides de support 47. La pompe
électromagnétique 17 repose sur la structure 9 au
moyen d'une virole de support 20. Cette variante pré-
25 sente notamment l'avantage de pouvoir extraire et ma-
nipuler séparément l'échangeur et la pompe. Cette der-
nière présente des oreilles de préhension 59. Les
moyens de manutention peuvent donc être moins puis-
sants. D'autre part, la hauteur nécessaire sous pla-
fond pour les extraire est moins grande. Mais cette
30 solution nécessite la présence d'un raccordement entre
la pompe et l'échangeur. Ce raccordement est obtenu,
au moyen d'une cloche d'étanchéité 49, remplie d'un
gaz neutre, et d'une virole 17' est solidaire de la
pompe 19.
35

La dalle 11 comporte un caisson ou logement 51 pour la tête des échangeurs 17. Ce logement 51 comporte des parois de béton 53 qui entourent la tête des échangeurs et assurent ainsi la protection biologique vis-à-vis de l'extérieur. Les canalisations d'amenée 25 et d'évacuation 33 du fluide secondaire traversent ces parois de béton. A sa partie supérieure, le caisson 51 est fermé par un bouchon amovible 55 permettant la manutention de l'échangeur et de la pompe.

On remarquera que le réacteur nucléaire de l'invention ne comporte pas de structure spécifique séparant la cuve en un collecteur chaud et un collecteur froid, comme c'est le cas généralement. En effet, selon l'art antérieur, le métal liquide refroidi sortant des échangeurs intermédiaires est déversé dans un collecteur froid de grand volume délimité par ladite structure spécifique. Il est ensuite repris par les pompes de circulation primaire. Dans le cas de l'invention, le collecteur froid est réduit au dispositif de liaison entre l'échangeur 17 et la pompe 19. Ceci constitue un avantage important de l'invention, car l'absence de structure spécifique interne simplifie beaucoup la réalisation du bloc réacteur, réduit la quantité de matière d'acier inoxydable nécessaire et donc abaisse le prix de revient. Cependant, il est nécessaire de prévoir sur la paroi de la cuve principale 1 un calorifuge immergé 57.

REVENDEICATIONS

5 1. Réacteur nucléaire à neutrons apides comprenant une cuve principale 1 obturée par une dalle à caissons 11 et dans laquelle est disposé le coeur 5 du réacteur, ladite cuve contenant un métal liquide primaire 3 circulant entre la partie supérieure de ladite cuve et le sommier de supportage et d'alimentation 7 du coeur 5, à travers au moins un composant 8 formé
10 par l'adjonction axiale d'une pompe de circulation 19 et d'un échangeur thermique 17, caractérisé en ce que la partie supérieure de l'échangeur 17, comportant les orifices d'entrée 37, est logée dans un caisson 51 de la dalle 11, lesdits orifices d'entrée étant situés au
15 niveau, voire au-dessus de la semelle inférieure de ladite dalle 11.

20 2. Réacteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que les orifices de sortie 41 de l'échangeur 17 sont directement reliés aux orifices d'entrée 31 de la pompe 19 au moyen d'une virole cylindrique 17.

25 3. Réacteur selon les revendications 1 et 2, caractérisé en ce que la pompe 19 et l'échangeur 17 du composant 8 sont des éléments disjoints, l'échangeur 17 étant pendu à la dalle 11 au moyen de brides de support 47, et la pompe 19 étant posée sur la structure de supportage 9 du sommier 7 au moyen d'une virole de support 20.

30 4. Réacteur selon les revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la liaison hydraulique entre l'échangeur 17 et la pompe 19 est assuré au moyen d'une cloche d'étanchéité 49.

35 5. Réacteur selon les revendications 1 et 2, caractérisé en ce que la pompe 19 et l'échangeur 17 forment un composant monolithique pendu à la dalle 11

ou posé sur la structure de supportage 9 du sommier 7.

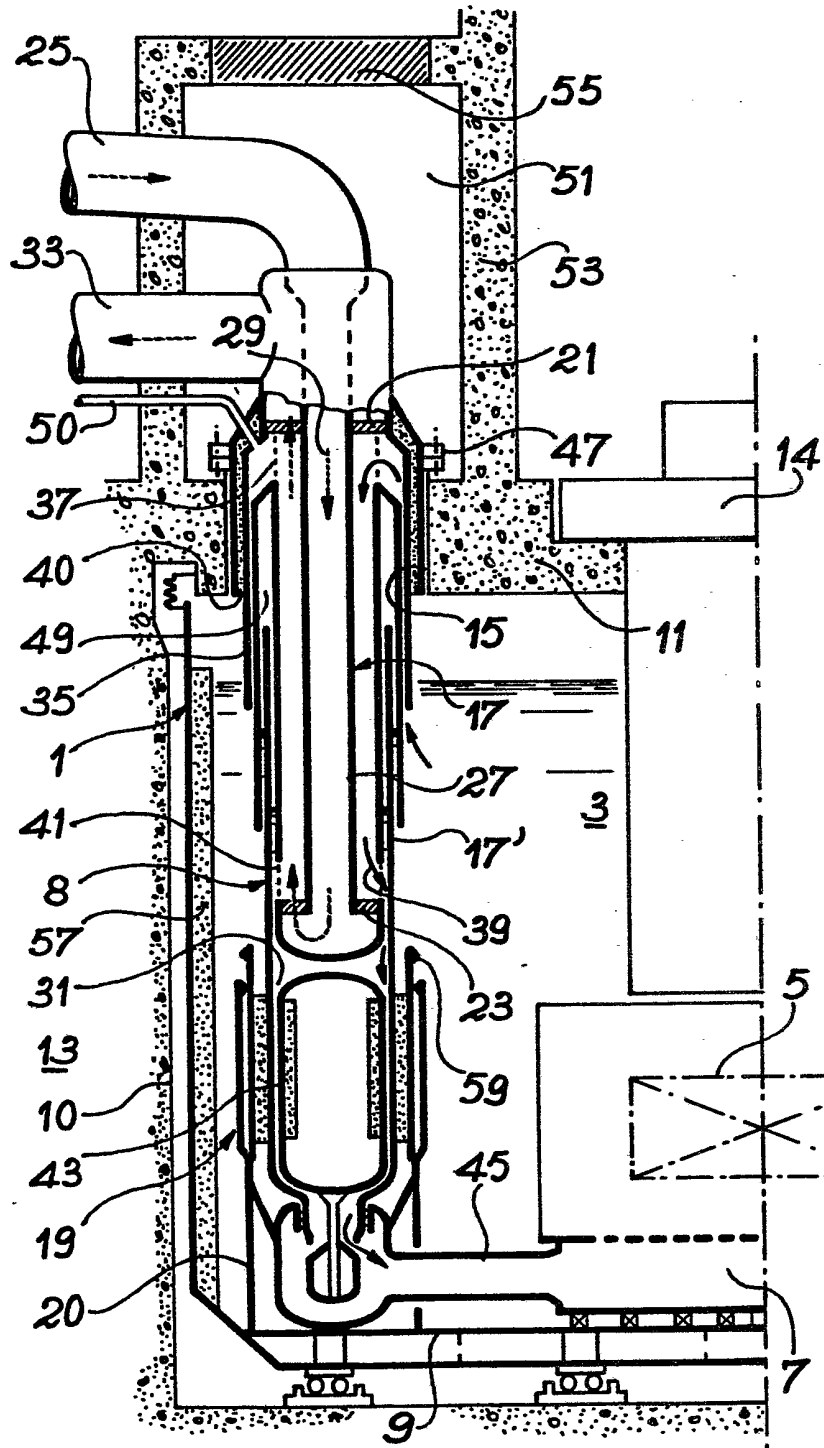


FIG. 1

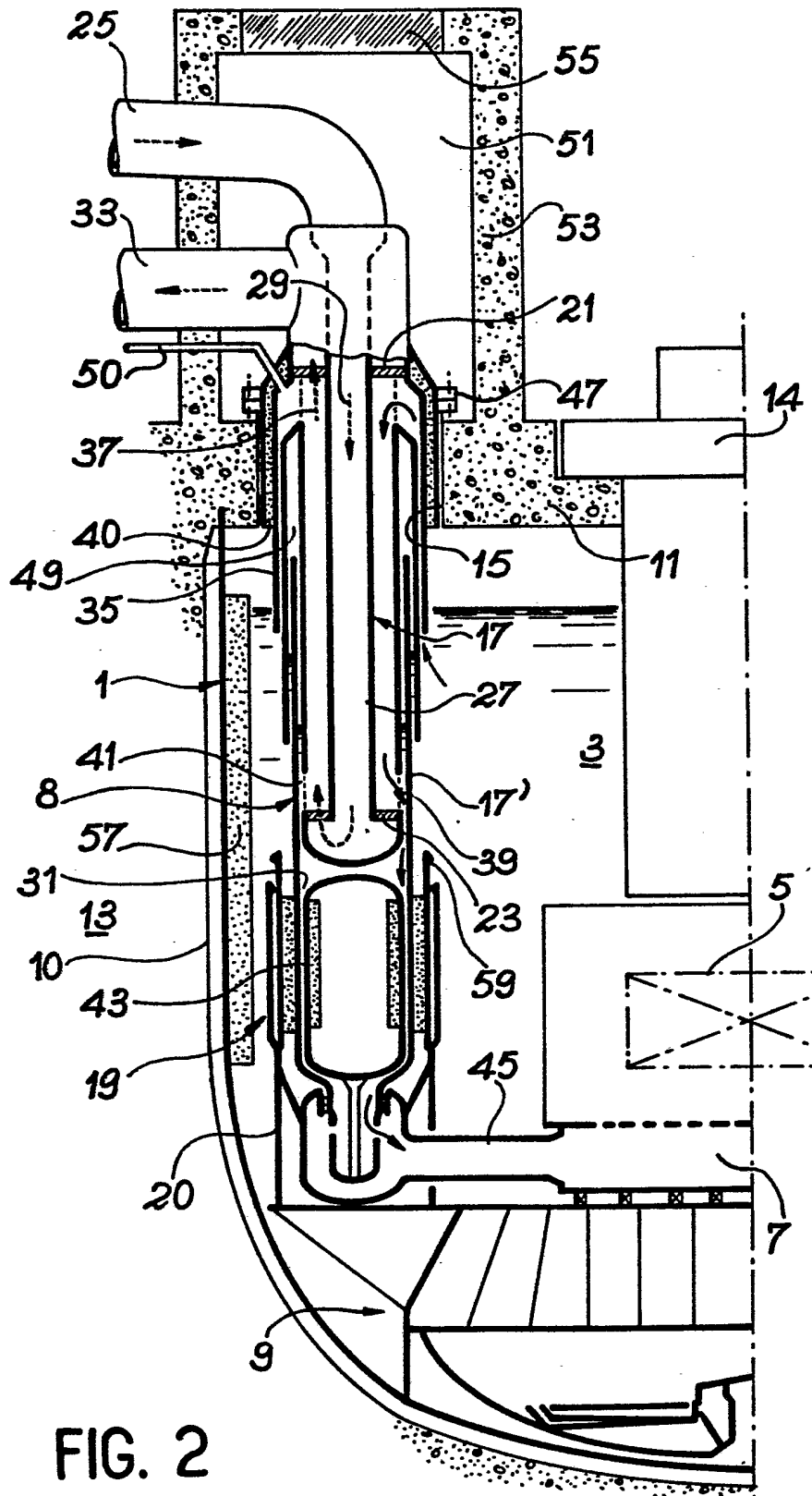


FIG. 2