

12

# DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

21 Numéro de dépôt: 87402390.6

51 Int. Cl. 4: H 05 G 1/04  
H 01 J 35/10

22 Date de dépôt: 23.10.87

30 Priorité: 28.10.86 FR 8614978

43 Date de publication de la demande:  
25.05.88 Bulletin 88/21

84 Etats contractants désignés: DE GB NL

71 Demandeur: THOMSON-CGR  
13, square Max-Hymans  
F-75015 Paris (FR)

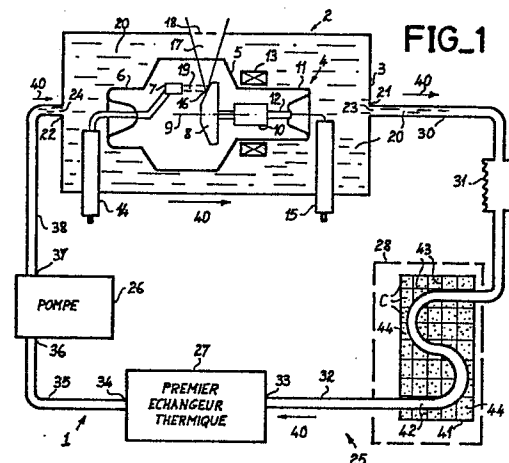
72 Inventeur: Gabbay, Emile  
THOMSON-CSF SCPI 19, avenue de Messine  
F-75008 Paris (FR)

Le Guen, Jacques  
THOMSON-CSF SCPI 19, avenue de Messine  
F-75008 Paris (FR)

74 Mandataire: Grynwald, Albert et al  
THOMSON-CSF SCPI 19, avenue de Messine  
F-75008 Paris (FR)

## 54 Dispositif de refroidissement d'une source radiogène.

57 L'invention concerne un dispositif pour refroidir un tube radiogène (4) contenu dans une gaine (3), à l'aide d'un fluide (20) qui est mis en circulation forcée dans un circuit de refroidissement (25) comportant un échangeur thermique (27). Le dispositif de l'invention permet d'obtenir un refroidissement efficace tout en utilisant un faible volume de fluide (20) et un échangeur thermique (27) de plus faibles dimensions que dans l'art antérieur. A cet effet, le circuit de refroidissement (25) comporte un accumulateur thermique à chaleur latente de fusion (28) pour d'une part, stocker une quantité de chaleur (Q3) qui est emmagasinée par le fluide (20) quand ce dernier atteint une température prédéterminée ( $\theta_m$ ) durant un temps d'examen (T1), et d'autre part pour restituer cette quantité de chaleur (Q3) durant un temps de repos (T2) qui suit le temps d'examen (T1).



## Description

## DISPOSITIF DE REFROIDISSEMENT D'UNE SOURCE RADIOGENE

L'invention concerne un dispositif de refroidissement d'une source radiogène, du type dans lequel un tube radiogène est refroidi à l'aide d'un fluide qui est mis en circulation forcée.

Une source radiogène est constituée d'un tube à rayons X contenu dans une gaine équipée. La gaine permet d'assurer la protection aux rayons X, aux chocs électriques et mécaniques. De plus en plus souvent, la source radiogène comprend en outre un système pour refroidir le tube radiogène et la gaine équipée; ce refroidissement étant imposé par le fait que l'énergie électrique utilisée pour produire des rayons X est transformée en rayonnement X avec un rendement de l'ordre de 1 %, c'est-à-dire que 99 % de cette énergie est transformée en chaleur à l'intérieur de la source.

Dans les applications radiologiques très peu chargées, c'est-à-dire où les cadences de prise des clichés sont faibles et correspondent à une puissance moyenne de dissipation de l'ordre de 200 Watts, les phénomènes de convection naturelles suffisent pour assurer le refroidissement; un petit ventilateur proche de la gaine permettant d'augmenter encore la convection autour de cette dernière de sorte à atteindre environ 400 Watts.

Avec les techniques modernes de radiodiagnos-  
tics, comme par exemple avec les examens vascu-  
laires, le radiocinéma, ou le scanner, les cadences  
de prises de clichés sont très élevées et peuvent  
correspondre à une puissance moyenne de dissipa-  
tion de plusieurs milliers de watts. Pour de telles  
applications radiologiques, les systèmes de refroi-  
dissement sont beaucoup plus importants, et leur  
efficacité conditionne le fonctionnement et les  
performances de ces installations de radiodiagnos-  
tics où la charge thermique de la source radiogène  
est très élevée.

La méthode de refroidissement la plus répandue,  
quand la charge thermique est élevée, consiste à  
refroidir le tube radiogène en utilisant un fluide déjà  
contenu dans la gaine pour assurer l'isolation  
électrique; ce fluide étant de l'huile par exemple. Le  
fluide ou huile est mis en circulation forcée autour du  
tube radiogène, et à l'extérieur de la gaine où il  
passe dans un circuit de refroidissement qui  
comporte un échangeur thermique: le fluide ou  
huile, ayant reçu la chaleur produite par le tube  
radiogène, est refroidi à son tour quand il passe  
dans l'échangeur thermique; l'échangeur thermique  
étant par exemple du type échangeur huile-air ou  
encore du type comportant un second circuit dans  
lequel circule un second fluide refroidisseur, de l'eau  
par exemple.

Ainsi le tube radiogène et la gaine sont refroidis  
par l'huile qui circule dans la gaine, l'huile étant  
elle-même refroidie grâce à l'échangeur thermique  
dont les dimensions doivent permettre d'évacuer la  
chaleur produite par la puissance dissipée durant un  
cycle de fonctionnement de la source radiogène.

En radiologie, et surtout dans les utilisations de  
scanner, un cycle de fonctionnement est formé de

deux périodes consécutives dont la première cor-  
respond à un fonctionnement intensif de la source  
radiogène appelé temps d'examen, et dont la  
seconde est appelée temps de repos et correspond  
à un arrêt du fonctionnement de cette dernière. Avec  
le scanner, l'examen d'un patient nécessite un grand  
nombre de vues de coupe enchaînées, de sorte que  
pendant le temps l'examen, le régime de charge  
thermique est très élevé; puis entre deux examens  
de malades, c'est-à-dire durant le temps de repos  
aucun échauffement n'est apporté à la source  
radiogène. Il en résulte que les échangeurs thermi-  
ques utilisés dans l'art antérieur sont surdimen-  
sionnés par rapport à la puissance dissipée durant  
un cycle de fonctionnement. Par suite, ces échan-  
geurs thermiques présentent comme inconvénients,  
en plus d'un coût élevé, un encombrement et un  
poids importants qui conduisent à utiliser des  
moyens mécaniques lourds et complexes pour  
rendre la gaine mobile.

Avec cette méthode, l'huile en traversant la gaine  
reçoit, durant le temps d'examen, une quantité de  
chaleur Q qui est partagée en deux parties Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub>: la  
première partie Q<sub>1</sub> est évacuée par l'échangeur  
thermique durant le temps d'examen; la seconde  
partie Q<sub>2</sub> élève la température de l'ensemble  
gaine-circuit de refroidissement d'une valeur  $\theta$  telle  
que:

$$\theta = \frac{Q_2}{\mu}, \quad (1);$$

où  $\mu$  est la capacité calorifique équivalente de  
l'ensemble.

Il est à remarquer que dans l'art antérieur, pour ne  
pas conduire à des dimensions tout à fait inadmissi-  
bles de l'échangeur thermique, la solution consiste  
à augmenter la capacité calorifique  $\mu$  de l'ensemble  
formé par la gaine et le circuit de refroidissement, en  
augmentant le volume du fluide ou huile qui sert à  
refroidir la gaine et le tube radiogène. Cette solution,  
outre qu'elle conduit à augmenter le volume et le  
poids de l'ensemble, présente l'inconvénient de  
diminuer l'efficacité de l'échangeur thermique.

En effet, en supposant pour l'exemple que  
l'échangeur thermique soit du type huile-air exté-  
rieur, en première approximation, la quantité de  
chaleur qu'il permet de dissiper est proportionnelle à  
la différence de température entre le fluide ou l'huile  
qui passe dans l'échangeur thermique et l'air  
extérieur.

D'autre part, la montée en température de  
l'ensemble à partir d'une température de départ  $\theta_1$ ,  
jusqu'à une température maximum admissible  $\theta_m$   
s'écrit:

$$\theta_m - \theta_1 = \frac{P_e}{\alpha} (1 - e^{-\frac{\alpha T_1}{\mu}}), \quad (2);$$

où  $P_e$  est la puissance moyenne pendant un examen  
;  $T_1$  est le temps correspondant à l'examen;  $\alpha$  est la  
coefficient d'échange de l'échangeur thermique;  $\mu$   
est la capacité calorifique de l'ensemble.

Il ressort de la première relation (1) ci-dessus que le coefficient d'échange  $\alpha$  doit être aussi grand que possible pour limiter la montée en température de l'ensemble, le coefficient  $\alpha$  étant limité d'une part par la dimension de l'échangeur thermique, et limité d'autre part par la température maximum admissible de l'ensemble.

Il apparaît également de la seconde relation (2) ci-dessus, que plus la capacité calorifique  $\mu$  est élevée, plus l'élévation en température est lente. Aussi, dans l'art antérieur, l'augmentation de la capacité calorifique  $\mu$  qui est réalisée pour limiter les dimensions de l'échangeur thermique, est telle que la température maximum admissible est atteinte à la fin du temps d'examen T1. Il en résulte que c'est seulement à la fin du temps d'examen T1 que le coefficient d'échange  $\alpha$  est le plus grand : ceci conduit à augmenter les dimensions de l'échangeur de sorte qu'une partie du bénéfice apporté par l'augmentation du volume d'huile est perdue.

La présente invention concerne un dispositif de refroidissement d'une source radiogène, permettant d'obtenir un refroidissement efficace de la gaine et du tube radiogène avec un faible volume de fluide ou huile servant à refroidir la gaine et le tube radiogène, tout en utilisant un échangeur thermique de faibles dimensions par rapport à l'art antérieur. Ceci est obtenu par un agencement de moyens nouveau qui permet, notamment, de réaliser un stockage de chaleur pendant l'examen, puis une restitution de cette chaleur à l'échangeur thermique entre les examens, de façon que l'échangeur thermique fonctionne, dans les meilleures conditions, à un régime proche du continu.

Selon l'invention, un dispositif de refroidissement pour une source radiogène, comportant une gaine contenant un tube radiogène fonctionnant avec une charge thermique plus élevée durant un temps d'examen que durant un temps de repos qui suit le temps d'examen, la gaine contenant en outre un fluide auquel le tube radiogène cède sa chaleur, le fluide étant mis en circulation forcée suivant un sens donné dans la gaine et dans un circuit refroidisseur comportant un échangeur thermique, la chaleur emmagasinée par le fluide étant partiellement évacuée l'échangeur thermique selon une première quantité de chaleur, une seconde quantité de la chaleur emmagasinée par le fluide tendant à élever la température de l'ensemble gaine-circuit de refroidissement, est caractérisé en ce que le circuit de refroidissement comporte des moyens pour, d'une part, stocker une troisième quantité de chaleur emmagasinée par le fluide quand ce dernier atteint une température prédéterminée, et d'autre part, pour restituer cette troisième quantité de chaleur à l'échangeur thermique par l'intermédiaire du fluide durant le temps de repos qui suit le temps d'examen.

L'invention sera mieux comprise grâce à la description qui suit, faite à titre d'exemple non limitatif, et en référence aux deux figures annexées parmi lesquelles :

- la figure 1 représente de manière schématique un dispositif de refroidissement selon l'invention ;

- la figure 2 est un diagramme qui illustre le fonctionnement du dispositif de refroidissement de l'invention.

La figure 1 montre un dispositif de refroidissement 1 destiné à refroidir une source radiogène 2. La source radiogène 2 comporte une gaine 3 contenant d'une manière conventionnelle un tube radiogène 4. Le tube radiogène 4 est d'un type classique et comporte une enveloppe 5 étanche au vide, dont une première extrémité 6 porte une cathode 7 disposée en face d'un disque d'anode 8, le disque d'anode constituant dans l'exemple non limitatif décrit, une anode tournante. Le disque d'anode 8 est solidarisé selon son axe de symétrie 9, à un rotor 10 qui est lui-même porté par la seconde extrémité 11 de l'enveloppe 5, l'intermédiaire d'un axe support 12 ; la rotation du rotor 10 et du disque d'anode 8 autour de l'axe de symétrie 9, est assurée par un stator 13 disposé à l'extérieur de l'enveloppe 5. La cathode 7 et l'anode 8 sont reliées électriquement respectivement du côté de la première extrémité 6 et de la seconde extrémité 11 de l'enveloppe 5, à un premier et à un second about 14,15 haute tension montés de manière classique sur la gaine 3 de manière à sortir de cette dernière sans compromettre son étanchéité. Les embouts haute tension 14,15 sont destinés à être connectés d'une manière connue à une ou des sources électriques (non représentées) ; les autres connexions électriques nécessaires au fonctionnement du tube radiogène 4 étant également connues, et ne participant pas à l'invention, elles ne sont pas représentées sur la figure.

Quand le tube radiogène 4 est en fonctionnement, la cathode 7 génère un faisceau d'électron 19 qui bombarde l'anode 8 en un point où il forme un foyer 16 à partir duquel sont émis des rayons X ; ces rayons X forment un faisceau 17 qui sort de la gaine 3 par une fenêtre de sortie 18. La chaleur engendrée dans l'anode 8 par le bombardement du faisceau d'électrons 19 est transférée à l'enveloppe 5, de manière classique, principalement par un rayonnement thermique de l'anode 8. La gaine 3 contient un fluide 20 dans lequel baigne l'enveloppe du tube radiogène 4. Le fluide 20 est constitué de manière conventionnelle par de l'huile dont une première fonction est d'assurer l'isolation électrique dans la gaine 3, et qui dans l'exemple non limitatif décrit, a pour seconde fonction de refroidir le tube radiogène 4 ; le fluide 20 ou huile étant appelé huile dans la suite de la description pour simplifier cette dernière. A cette fin, la gaine 3 comporte à chacune de ces deux extrémités opposées 21,22 un orifice 23,24 par lequel elle communique avec un circuit de refroidissement 25 dans lequel l'huile 20 est mise en circulation forcée, de sorte à être refroidie à l'extérieur de la gaine 3 après avoir reçu de la chaleur produite par le tube radiogène 4.

Le circuit de refroidissement 25 comporte d'une part une pompe 26 d'un type classique, destinée à forcer la circulation de l'huile 20, et comporte d'autre part un échangeur thermique 27 d'un type en lui-même classique également. Dans l'exemple non limitatif décrit, l'échangeur thermique 27 est du type huile-air, c'est-à-dire que l'huile 20 qui passe dans

l'échangeur thermique cède sa chaleur à l'air ambiant. L'échangeur thermique 27 peut par exemple être constitué par un radiateur comportant un serpentín (non représenté) muni d'ailettes, et l'huile 20 en passant dans ce serpentín cède de la chaleur à l'air ambiant par convection ; cette convection pouvant être favorisée par un ventilateur (non représenté).

Selon une caractéristique de l'invention, le circuit de refroidissement comporte en outre des moyens 28 pour stocker de la chaleur emmagasinée par l'huile 20 avant qu'elle ne passe par l'échangeur thermique 27.

Le premier orifice 23 de la gaine 2, situé du côté de la seconde extrémité 11 du tube radiogène 4 c'est-à-dire du côté de l'anode 8, communique avec un tuyau 30 dans lequel l'huile 20 est conduite dans les moyens 28 destinés à stocker la chaleur. Dans l'exemple non limitatif décrit, un dispositif de dilatation 31 est disposé entre la gaine 3 et les moyens 28 destinés à stocker la chaleur. Le dispositif de dilatation 31 permet de compenser des dilations de l'huile 20 par une modification de son volume ; ce dispositif de dilatation 31 étant d'un type en lui-même connu. Un second tuyau 32 relie les moyens 28 destinés à stocker la chaleur à une entrée 33 de l'échangeur thermique 27, dont la sortie 34 est reliée par un troisième tuyau 35 à l'entrée 36 de la pompe 26 ; une sortie 37 de la pompe 26 étant reliée par un quatrième tuyau 38 à l'entrée de la gaine 3, c'est-à-dire au second orifice 24 qui est disposé du côté de la cathode 7. La pompe 26 détermine à l'huile 20 un sens de circulation, représenté sur la figure 1 par les flèches 40, tel que l'huile 20 qui pénètre dans la gaine 3 par le second orifice 24, traverse la gaine 3 en direction du premier orifice 23 par lequel elle sort de la gaine 3 pour passer dans le dispositif de dilatation 31, pour ensuite passer par les moyens 28 destinés à stocker la chaleur, et traverser ensuite l'échangeur thermique 27 puis la pompe 26 avant de retourner dans la gaine 3.

Les moyens 28 pour stocker la chaleur ont pour fonction de stocker de la chaleur emmagasinée par l'huile 20 au contact du tube radiogène 4. Mais, selon une autre caractéristique de l'invention, cette fonction n'est assurée qu'à partir du moment où la température de l'huile 20 a atteint une valeur prédéterminée quand l'huile 20 passe dans les moyens 28 pour stocker la chaleur ; c'est-à-dire que les moyens 28 pour stocker la chaleur jouent le rôle d'un volant thermique dont l'action est commandée avec un seuil de température.

A cet effet, dans l'exemple non limitatif décrit, les moyens 28 pour stocker la chaleur comportent un second échangeur thermique 41. Le second échangeur thermique 41 délimite un volume clos dans lequel est réalisée la fusion d'un corps solide C sous l'effet de la chaleur cédée au second échangeur thermique 41 par l'huile 20. Le second échangeur thermique 41 comporte un serpentín 42 dans lequel circule l'huile 20 à refroidir. Le serpentín 42 est muni d'ailettes 43 qui forment des cloisons dont l'entre-croisement constitue des alvéoles 44 qui sont remplies du corps C, symbolisé sur la figure par un

nuage de points.

La nature du corps C est choisie pour que son point de fusion soit voisin de la température prédéterminée qui dans l'exemple non limitatif décrit correspond à la température maximum qui est désirée pour l'huile 20 dans la gaine 3.

Le corps C est en outre choisi pour avoir une chaleur latente de fusion suffisamment élevée, d'au moins 10 calories par gramme par exemple, de sorte à permettre à partir de sa fusion, de stocker beaucoup de chaleur sous un faible volume. Ainsi par exemple, si l'on souhaite que l'huile 20 ne dépasse par une température de 80°C dans la gaine 3, le corps C peut être constitué par exemple par de l'acide stéarique qui fond à 70°C et possède une chaleur latente de fusion de l'ordre de 50 calories par gramme. La fusion du corps C permet ainsi d'une part de stocker une grande quantité de chaleur durant le temps d'examen T1 où le tube radiogène 4 fonctionne avec une charge thermique élevée, et permet d'autre part de restituer cette chaleur au premier échangeur thermique 27, c'est-à-dire l'huile 20, durant le temps de repos T2 quand le tube radiogène 4 fonctionne avec une charge thermique réduite ou nulle, par le fait que le corps C se resolidifie et restitue la chaleur qu'il a accumulée lors de sa fusion.

En fonctionnement durant le temps d'examen T1, la chaleur produite par le tube radiogène 4 est cédée à l'huile durant ce temps d'examen, et cette chaleur est partagée en deux quantités Q1, Q2: la première quantité Q1 est évacuée par le premier échangeur thermique 27 durant le temps d'examen T1 ; la seconde quantité de chaleur Q2 élève la température de l'ensemble formé par la gaine 3 et l'ensemble du circuit de refroidissement 25, tant que la fusion du corps C n'est pas intervenue. Quand intervient la fusion du corps C, ce dernier absorbe des calories en fonction de sa chaleur latente de fusion, de sorte que la température de l'huile 20 à l'entrée 33 du premier échangeur thermique est sensiblement stabilisée à la même température que la température de fusion du corps C. Ceci permet de réduire de manière importante, par rapport à l'art antérieur, la capacité calorifique  $\mu$  de l'ensemble gaine-circuit de refroidissement 3.25 en réduisant le volume de l'huile 20 de sorte que la température maximum  $\theta_m$  de l'huile 20 dans la gaine 3 est rapidement atteinte, et que l'échange thermique au niveau du premier échangeur thermique 27 s'effectue à une température élevée ; ceci a pour conséquence d'augmenter l'efficacité du premier échangeur thermique 27 par rapport à l'art antérieur, et permet ainsi d'en réduire les dimensions.

La figure 2 illustre ce fonctionnement par un diagramme qui montre les variations de la température de l'huile 20 à l'entrée 33 du premier échangeur thermique, en fonction du temps T, par une première courbe 50.

En supposant que la source radiogène 2 ait déjà été chauffée et refroidie, la température de l'huile 20 à l'instant  $t_0$  où débute le temps d'examen T1 à un régime de charge thermique élevé, est à une température de départ  $\theta_1$  comprise entre la température  $\theta_0$  de l'air ambiant et la température

maximum  $\theta_m$  de l'huile 20 dans la gaine 3. Avec le dispositif de refroidissement selon l'invention, la température de l'huile 20 croît depuis l'instant  $t_0$  jusqu'à un second instant  $t_1$  où elle atteint la température de fusion  $\theta_f$ . La fusion du corps C ayant débutée au second instant  $t_1$ , cette fusion absorbe une troisième quantité de chaleur  $Q_3$  qui correspond aux calories que cède le tube radiogène 4 à l'huile 20 quand cette dernière est arrivée à la température maximum  $\theta_m$ ; de sorte que la température de l'huile 20 à l'entrée du premier échangeur thermique 27 est maintenue sensiblement constante à une même valeur que la température de fusion  $\theta_f$ ; la température de fusion  $\theta_f$  pouvant être inférieure de quelques degrés C à la température maximum  $\theta_m$  de l'huile 20 dans la gaine 3.

L'huile 20 conserve une température voisine de la température de fusion  $\theta_f$  après la fin, à un troisième instant  $t_2$  du temps d'examen T1. En effet, à partir du troisième instant  $t_2$  qui correspond aussi au début du temps de repos T2, le tube radiogène 4 ne produit plus de chaleur, et la température de l'huile 20 à la sortie de la gaine 3 diminue. Par suite, le corps C tend à se resolidifier et restitue à l'huile 20 la chaleur qu'il a stocké pendant le temps d'examen T1. Il en résulte que la température de l'huile 20 à l'entrée du premier échangeur thermique 27, conserve sensiblement la même température que la température du fusion  $\theta_f$  jusqu'à un quatrième instant  $t_3$  où le corps C est entièrement resolidifié. A partir de cet instant  $t_4$ , la température de l'huile 20 à l'entrée du premier échangeur thermique 27, diminue pour atteindre la température de départ  $\theta_1$  à un cinquième instant  $t_4$ .

Ceci permet durant un troisième temps T3, d'obtenir un fonctionnement du premier échangeur thermique 27 à une température voisine de la température de fusion  $\theta_f$  qui est elle-même proche de la température maximum  $\theta_m$  de l'huile 20 dans la gaine 3. En conséquence, le premier échangeur thermique 27 travaille à une température élevée, qui améliore le coefficient d'échange  $\alpha$ , durant le troisième temps T3 qui peut être supérieur au temps d'examen T1.

Une seconde courbe 51 représentée en traits pointillés sur la figure 2, illustre le fonctionnement d'un dispositif de refroidissement selon l'art antérieur. Dans l'art antérieur, l'huile qui a reçu de la chaleur d'un tube radiogène doit être refroidi par un refroidisseur, par exemple du même type que le premier échangeur thermique 27. A la mise en fonctionnement à un régime de charge thermique élevée, à partir de l'instant  $t_0$ , la température de cette huile croît, depuis la température de départ  $\theta_1$ , jusqu'à atteindre la température maximum  $\theta_m$  admissible dans la gaine au troisième instant  $t_2$ , puis diminue ensuite jusqu'à retrouver la température de départ  $\theta_1$ . On observe dans ce cas que, contrairement au cas de l'invention, une température proche de la température maximum  $\theta_m$  n'est conservée que durant un quatrième temps T4 très inférieur au temps d'examen T1; c'est-à-dire qu'un échangeur thermique, dans une installation de l'art antérieur, présente un coefficient d'échange  $\alpha$  médiocre durant le temps d'examen T1. Ainsi qu'il a été

expliqué dans le préambule, une solution au coefficient d'échange  $\alpha$  médiocre dans l'art antérieur consiste à augmenter le volume de l'huile pour augmenter la capacité calorifique de l'ensemble.

Par contre, avec la présente invention, grâce au moyen 28 pour stocker la chaleur emmagasinée dans l'huile 20, la capacité calorifique équivalente  $\alpha$  de l'ensemble gaine-circuit de refroidissement 3-25 est beaucoup plus faible que dans l'art antérieur, d'où il résulte, d'une part, une réduction importante du poids et de l'encombrement, et d'où il résulte d'autre part que la température maximum  $\theta_m$  est atteinte très largement avant la fin du temps d'examen T1. Ceci signifie que la somme de la seconde et de la troisième quantités de chaleur  $Q_2 + Q_3$  est supérieure au produit de la capacité calorifique  $\mu$  par la différence  $\Delta\theta$  entre la température de départ  $\theta_1$  et la température maximum  $\theta_m$ , soit:

$$\mu \Delta\theta < Q_2 + Q_3.$$

Un autre avantage apporté par l'invention réside dans le fait qu'il n'est pas nécessaire d'attendre que l'huile 20 soit revenue à la température de départ  $\theta_1$  pour débiter un nouveau temps d'examen T1, c'est-à-dire pour remettre le tube radiogène 4 en fonctionnement avec une charge thermique élevée. Au contraire, dans l'art antérieur, il est nécessaire que l'huile soit à la température de départ pour débiter un nouvel examen, du fait que la température maximum  $\theta_m$  serait plus rapidement atteinte, et que pour ne pas dépasser cette température maximum  $\theta_m$  il serait nécessaire d'écourter la durée du temps d'examen.

Un autre avantage encore apporté par l'invention réside dans le fait qu'en maintenant une température d'huile 20 presque constante, on minimise les effets de dilatation thermique.

Cette description constitue un exemple non limitatif, qui montre qu'un dispositif de refroidissement pour une source radiogène conforme à l'invention, permet d'obtenir par rapport à l'art antérieur, un refroidissement beaucoup plus efficace et plus sûr, tout en diminuant de façon importante à la fois l'encombrement et le poids de la gaine 3, de l'échangeur thermique 27 et de l'huile 20.

Les produits susceptibles de constituer le corps C sont nombreux, et sont choisis notamment en fonction de la puissance dissipée pendant le temps d'examen, de la durée du temps d'examen et de la température maximum désirée de l'huile dans la gaine 3. Ainsi par exemple, si l'on accepte que la température de l'huile 20 dans la gaine 3 puisse monter jusqu'à environ  $10^\circ\text{C}$ , le corps C peut être du fumarate de méthyl, dont la densité est de 1,37 et le point de fusion est à  $102^\circ\text{C}$ , avec une chaleur latente de fusion de 60 calories par gramme: si l'on considère un volume de sept litres de ce corps, ces sept litres pourront stocker une fois atteinte la température de  $102^\circ\text{C}$ , environ 2 353 000 Joules. Un litre d'huile peut emmagasiner de l'ordre de 400 calories par degré et, pour une élévation de température de  $50^\circ\text{C}$  à  $100^\circ\text{C}$ , un litre d'huile peut emmagasiner 20 000 calories, c'est-à-dire 84 000 Joules. Ainsi, on observe que pour stocker 2 350 000 Joules avec de l'huile, il serait nécessaire d'utiliser

environ 27 litres d'huile supplémentaires, c'est-à-dire un volume environ quatre fois plus important que celui du corps C sans pour autant obtenir l'effet de limitation de la température maximum  $\theta_m$ , ni l'amélioration du coefficient d'échange  $\alpha$  du premier échangeur thermique 27.

## Revendications

1. Dispositif de refroidissement pour une source radiogène, comportant une gaine (3), la gaine (3) contenant un tube radiogène (4) fonctionnant avec une charge thermique plus élevée durant un temps d'examen (T1) que durant un temps de repos (T2) qui suit le temps d'examen (T1), la gaine (3) contenant en outre un fluide (20) auquel le tube radiogène (4) cède sa chaleur, le fluide (20) étant mis en circulation forcée suivant un sens donné (40) dans la gaine (3) et dans un circuit de refroidissement (25) comportant un échangeur thermique (27), la chaleur emmagasinée par le fluide (20) durant le temps d'examen (T1) étant partiellement évacuée par l'échangeur thermique (27) selon une première quantité de chaleur (Q1), une seconde quantité (Q2) de chaleur emmagasinée par le fluide (20) tendant à élever la température de l'ensemble gaine-circuit de refroidissement (3,25), caractérisé en ce que le circuit de refroidissement (25) comporte des moyens (28) pour, d'une part, stocker une troisième quantité (Q3) de chaleur emmagasinée par le fluide (20) quand ce dernier atteint une température prédéterminée ( $\theta_m$ ), et d'autre part, pour restituer cette troisième quantité (Q3) de chaleur à l'échangeur thermique (27) par l'intermédiaire du fluide (20), durant le temps de repos (T2).

2. Dispositif de refroidissement selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens (28) pour stocker la troisième quantité de chaleur (Q3) comportent un second échangeur thermique (41) dans lequel circule le fluide (20), et dans lequel est contenu un corps (C) solide qui fond en absorbant la troisième quantité de chaleur (Q3) grâce à sa chaleur latente de fusion quand le fluide (20) atteint sensiblement la température de fusion ( $\theta_f$ ) du corps (C).

3. Dispositif de refroidissement selon la revendication 2, caractérisé en ce que le corps (C) fondu durant le temps d'examen (T1) se resolidifie pendant le temps de repos (T2), en cédant la troisième quantité de chaleur (Q3) au premier échangeur thermique (27) par l'intermédiaire du fluide (20).

4. Dispositif de refroidissement selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les moyens (28) pour stocker la chaleur sont disposés en amont du premier échangeur thermique (27), en considérant le sens (40) de circulation du fluide (20).

5. Dispositif de refroidissement selon l'une

des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'ensemble formé par la gaine (2), le circuit de refroidissement (25) et le fluide (20) a une capacité calorifique ( $\mu$ ) telle que le produit de la capacité calorifique ( $\mu$ ) par une différence de température ( $\Delta\theta$ ) entre une température de départ ( $\theta_1$ ) et la température maximum ( $\theta_m$ ) est inférieur à la somme (Q1 + Q3) des secondes et troisième quantités de chaleur ( $\mu \cdot \Delta\theta < Q2 + Q3$ ).

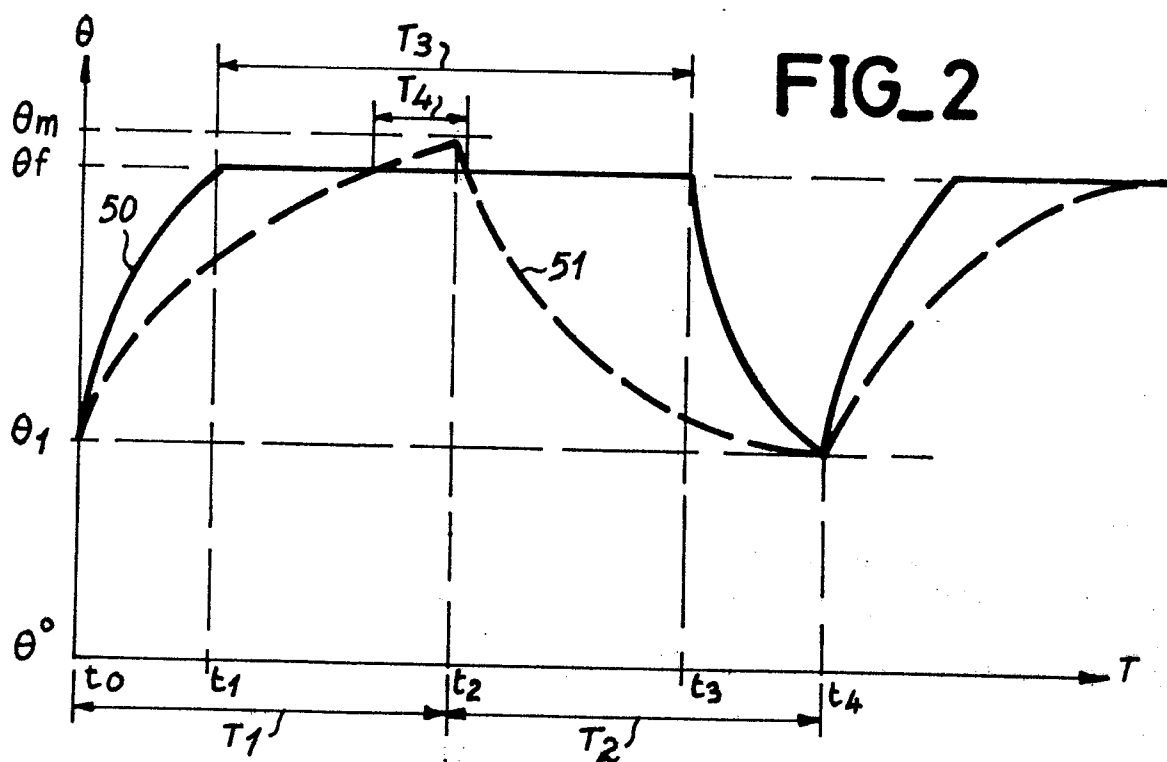
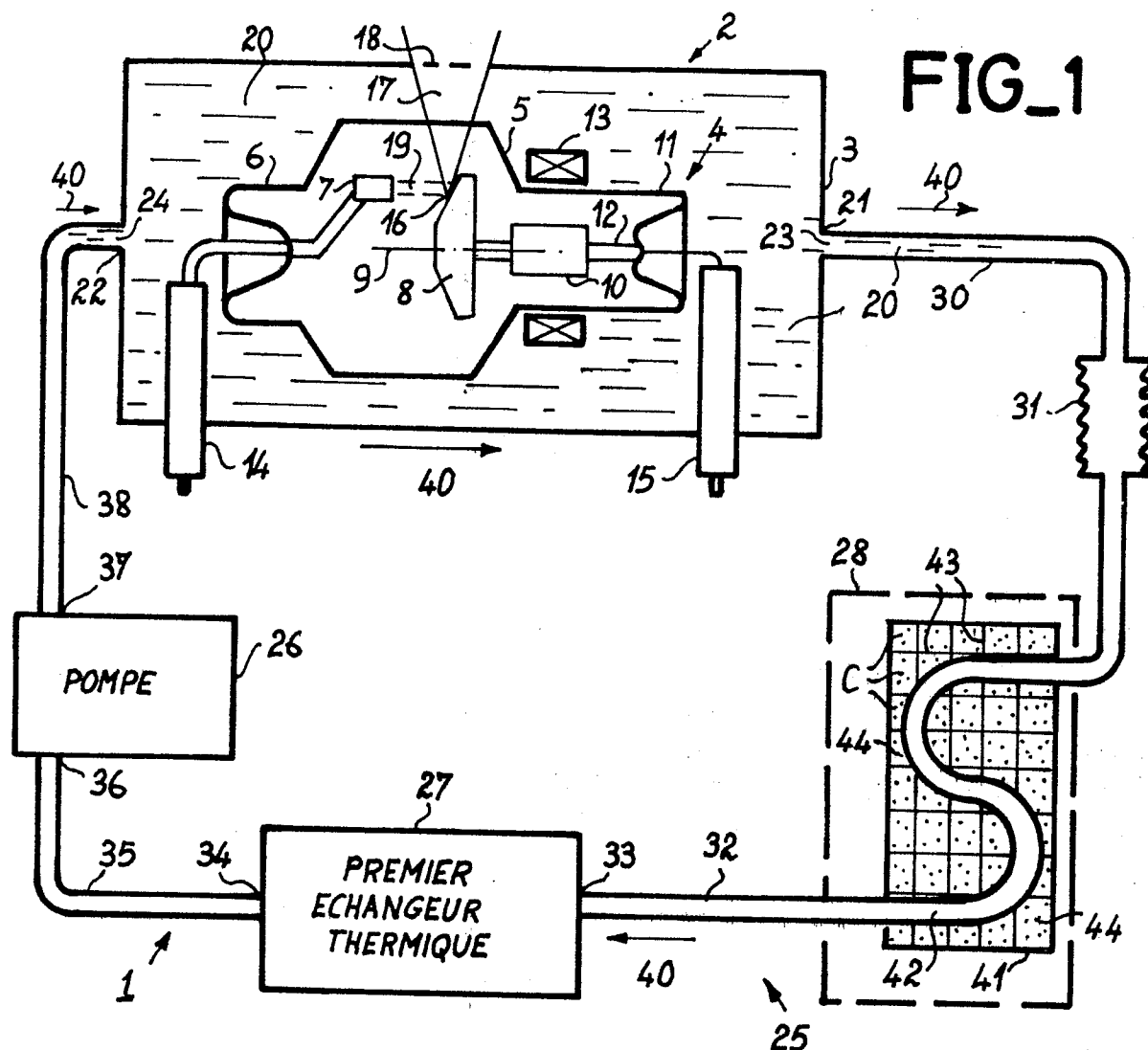
6. Dispositif de refroidissement selon l'une des revendications 2 ou 3, caractérisé en ce que la température de fusion du corps (C) est comprise entre 50°C et 120°C.

7. Dispositif de refroidissement selon l'une des revendications 2 ou 3 ou 5, caractérisé en ce que le corps (C) a une chaleur latente de fusion égale ou supérieure à 10 calories par gramme.

8. Dispositif de refroidissement selon l'une des revendications 2 ou 3, caractérisé en ce que le corps (C) est du fumarate de méthyl.

9. Dispositif de refroidissement selon l'une des revendications 2 ou 3, caractérisé en ce que le corps (C) est de l'acide stéarique.

10. Dispositif de refroidissement selon l'une des revendications 2 ou 3, caractérisé en ce que le corps (C) est du naphthalène.





Office européen  
des brevets

# RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 87 40 2390

| DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Catégorie                                                                                                                                                                                                                           | Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes                                                       | Revendication concernée                                                                                                                                                                                                                                                  | CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.4)                                                                      |
| A                                                                                                                                                                                                                                   | US-A-3 959 685 (KONIECZYNSKI)<br>* Colonne 4, ligne 6 - colonne 5, ligne 4 *                                                          | 1                                                                                                                                                                                                                                                                        | H 05 G 1/04<br>H 01 J 35/10                                                                               |
| A                                                                                                                                                                                                                                   | EP-A-0 023 866 (CEA)<br>* Page 4, ligne 10 - page 5, ligne 5 *                                                                        | 1-3                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                           |
| A                                                                                                                                                                                                                                   | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 8,<br>no.44 (E-229)[1481], 25 février 1984; &<br>JP-A-58 198 899 (HITACHI SEISAKUSHO K.K.) 18-11-1983 | 1                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                           |
|                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                          | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.4)                                                                |
|                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                          | H 01 J 35/00<br>H 05 G 1/00<br>H 01 J 7/00<br>F 28 D 20/00<br>F 25 D 15/00<br>F 25 D 3/00<br>F 25 B 25/00 |
| Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                           |
| Lieu de la recherche<br>LA HAYE                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                       | Date d'achèvement de la recherche<br>27-01-1988                                                                                                                                                                                                                          | Examineur<br>DIOT P.M.L.                                                                                  |
| <b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b>                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                           |
| X : particulièrement pertinent à lui seul<br>Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie<br>A : arrière-plan technologique<br>O : divulgation non-écrite<br>P : document intercalaire |                                                                                                                                       | T : théorie ou principe à la base de l'invention<br>E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date<br>D : cité dans la demande<br>L : cité pour d'autres raisons<br>.....<br>& : membre de la même famille, document correspondant |                                                                                                           |