

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

⑪

N° 82 11078

⑤4 Dispositif de mesure de niveau d'eau dans une enceinte.

⑤1 Classification internationale (Int. Cl.³). G 01 F 23/22.

②2 Date de dépôt..... 24 juin 1982.

③3 ③2 ③1 Priorité revendiquée :

④1 Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 52 du 30-12-1983.

⑦1 Déposant : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE, établissement de caractère scienti-
fique, technique et industriel. — FR.

⑦2 Invention de : Alain Bonnemay.

⑦3 Titulaire :

⑦4 Mandataire : Brevatome,
25, rue de Ponthieu, 75008 Paris.

L'invention concerne un dispositif pour mesurer le niveau d'un liquide contenu dans une enceinte. Elle s'applique en particulier à la mesure du niveau de l'eau liquide contenue dans le pressuriseur d'un réacteur nucléaire à eau sous pression (réacteur PWR).

Dans les réacteurs nucléaires du type PWR, le maintien d'une pression élevée dans le circuit primaire est assuré par un pressuriseur constitué par une enceinte fermée dans laquelle on maintient la pression du circuit primaire par équilibre entre la phase liquide et la phase gazeuse de l'eau.

Il existe dans l'état de la technique un grand nombre de dispositifs permettant de mesurer le niveau de la phase liquide dans un pressuriseur, comme par exemple des dispositifs de mesure par différence de pression. Mais ces dispositifs connus posent des problèmes de représentativité (dérives, hystérésis, recalages). En outre, la transition entre la phase liquide et la phase vapeur n'est pas toujours franche. Dans certaines situations, il existe une zone intermédiaire diphasique, comportant des bulles de vapeur dans l'eau liquide. Un dispositif par différence de pression ne permet pas de déceler une telle situation. C'est pourquoi on a cherché à réaliser des dispositifs de mesure de niveau basés sur les variations d'absorption d'un rayonnement lorsque ce rayonnement traverse des milieux de différentes natures. Ainsi, on connaît des dispositifs de mesure du niveau d'eau dans un pressuriseur au moyen d'une ou plusieurs sources de rayonnement disposées à proximité de la paroi de l'enceinte et un ou plusieurs détecteurs de rayonnement recevant le rayonnement ayant traversé l'enceinte. La mesure du signal reçu est ensuite utilisée pour dédui-

re le niveau de la surface du liquide et/ou la densité locale du mélange diphasique.

5 A titre d'exemple, la demande de brevet français n° 79 22218 déposée le 5 septembre 1979 au nom du Commissariat à l'Energie Atomique pour : "Procédé et dispositif de mesure du niveau d'un liquide dans une enceinte" décrit un dispositif de ce type dans lequel on compare le résultat des mesures à une bibliothèque de courbes préétablies dans le cas des
10 différentes configurations diphasiques possibles.

Cependant, ce dispositif présente l'inconvénient de ne pas permettre une mesure directe et rapide, puisqu'il exige la comparaison de cartes axiales de mesure à une bibliothèque de courbes préétablies.
15 En outre, il nécessite une source de rayonnement importante, de l'ordre de 1000 Ci, ce qui pose des problèmes de radioprotection.

Enfin, pour distinguer le rayonnement de la source de celui de l'eau activée et de celui des dépôts actifs apparaissant sur les parois, il faut prévoir un détecteur supplémentaire placé de telle façon qu'il ne soit pas soumis au rayonnement des sources, ce qui permet de corriger dans le taux de comptage total la partie qui est due à l'activité de l'eau et des dépôts.
20
25

L'invention concerne un dispositif de mesure du niveau d'eau dans une enceinte applicable dans le cas d'une enceinte radioactive, qui remédie à ces inconvénients par le traitement des signaux reçus par les détecteurs de rayonnement.
30

De manière plus précise, le dispositif de mesure de l'invention comprend un ensemble, ledit ensemble étant composé d'une source de rayonnement disposée à proximité de la paroi de l'enceinte, et de n détecteurs de rayonnement, séparés de la source de
35

rayonnement par un trajet traversant l'enceinte, et situés à des niveaux différents sur une même verticale, chaque détecteur d_i délivrant après amplification un signal μ_i proportionnel à l'intensité du rayonnement reçu, ce dispositif étant caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de traitement des signaux délivrés par les détecteurs, ces moyens étant constitués par $n-1$ circuits diviseurs, les détecteurs d_i, d_{i+1} étant reliés deux à deux à un circuit diviseur qui effectue le quotient μ_i/μ_{i+1} , le niveau étant alors situé dans l'intervalle entre les détecteurs d_i et d_{i+1} pour lequel le quotient μ_i/μ_{i+1} est maximal.

On obtient ainsi $n-1$ signaux. On peut prouver que l'un des signaux est nettement plus grand que les autres et que le pic obtenu caractérise le niveau d'eau dans l'enceinte du pressuriseur. De façon plus précise, le niveau est situé entre les deux détecteurs de rayonnement pour lesquels on a obtenu la valeur de pic.

Par ailleurs, les signaux obtenus sont indépendants de l'intensité de la source de rayonnement, ce qui permet de ne faire aucune mesure de celle-ci et de n'être pas influencé par les variations dans le temps de cette source ou des absorptions du rayonnement qu'elle émet.

La mesure du niveau est ainsi obtenue directement, sans qu'il soit nécessaire de comparer les mesures des capteurs à des courbes préétablies, et sans nécessiter l'utilisation d'un capteur supplémentaire pour tenir compte de l'activité de l'eau.

De plus, la mesure est obtenue de façon quasi instantanée, ce qui permet de suivre les variations de niveau en temps réel. Selon un mode de réalisation préférentiel, le dispositif de l'invention comporte $n-2$ circuits soustracteurs, les signaux q_i, q_{i+1}

issus de deux circuits diviseurs étant introduits dans un circuit soustracteur qui effectue la différence $q_i - q_{i+1}$, les limites haute et basse de la couche diélectrique étant alors situées dans les deux intervalles
5 entre les détecteurs d_i , d_{i+1} pour lesquels les signaux s_i présentent deux extrêmes opposées.

De préférence, on interpose entre la paroi de l'enceinte et chacun desdits détecteurs de rayonnement un dispositif de collimation du rayonnement ayant traversé l'enceinte. La fonction de ce dispositif de collimation est de réduire la contribution du rayonnement parasite provenant de l'eau activée et des produits de corrosion radioactifs déposés sur les parois.
10 L'utilisation de dispositifs de collimation permet d'augmenter l'amplitude des pics observés et par conséquent de réduire l'intensité de la source de rayonnement.
15

Enfin, dans le cas où la hauteur de l'enceinte est importante, on peut prévoir plusieurs dispositifs de mesure superposés, ces dispositifs étant orientés selon des plans sécants et positionnés en hauteur de manière à obtenir un recouvrement partiel des zones surveillées par chacun d'eux. Dans ce cas, la présence d'un dispositif de collimation du rayonnement reçu par les détecteurs est indispensable.
20
25

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront clairement à la lecture de la description qui suit, donnée en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

- 30 - la figure 1 représente une vue schématique en coupe d'un pressuriseur de réacteur PWR équipé d'un dispositif de mesure du niveau de l'eau conforme à l'invention ;
- la figure 2 est une courbe des signaux issus des diviseurs faisant partie du dispositif de la figure 1 ;
35

- la figure 3 est une courbe des signaux issus des soustracteurs faisant partie du dispositif de la figure 1 ;
- 5 - les figures 4 et 5 représentent une vue en coupe longitudinale et une vue de bout d'un dispositif de collimation du rayonnement reçu par les détecteurs ;
- les figures 6 et 7 représentent schématiquement une vue en coupe longitudinale et en section transversale d'un pressuriseur équipé d'un dispositif de mesure du niveau de l'eau adapté au cas d'une enceinte de grande hauteur.

10 On a représenté sur la figure 1 une vue schématique en coupe d'un pressuriseur de réacteur PWR équipé d'un dispositif de mesure du niveau de l'eau conforme à la présente invention.

15 Le pressuriseur 1 se présente comme un cylindre vertical de 2 m environ de diamètre et de 12 m environ de hauteur. A l'intérieur, l'eau et la vapeur se trouvent en équilibre thermodynamique à une température égale à la température de saturation correspondant à une pression nominale du circuit primaire. Le rôle du pressuriseur est de maintenir cette pression sensiblement constante lors des transitoires de charge. Ceci s'effectue par des systèmes de chauffage ou de refroidissement. On augmente la pression en vaporisant l'eau, on la réduit en condensant la vapeur.

20 Le dispositif de l'invention a précisément pour objet un dispositif de mesure du niveau d'eau dans le pressuriseur 1, qui permet d'obtenir une mesure instantanée et de suivre les variations du niveau 8.

25 Ce dispositif comporte une source S disposée à proximité de la paroi 2 du pressuriseur, et à l'extérieur de celle-ci. La source S est disposée à l'in-

térieur d'un conteneur en plomb 9 qui protège l'environnement extérieur contre le rayonnement émis. La source S est par exemple une source γ d'une intensité de 200 Ci.

5 Egalement à l'extérieur de la paroi 2, et diamétralement opposés à la source S, on trouve n détecteurs de rayonnement repérés d_1 à d_n . Les détecteurs sont situés sur une même génératrice verticale, à égale distance l'un de l'autre. Dans l'exemple de
10 réalisation décrit, il y a dix-huit capteurs situés à 20 cm l'un de l'autre. Le dispositif permet donc de surveiller le niveau du liquide 8 sur une hauteur de 3,4 m. Les détecteurs sont numérotés à partir de celui qui est situé le plus proche de la source S. De préférence,
15 la source S est située à 50 cm au-dessus du détecteur le plus élevé, c'est-à-dire le détecteur d_1 et l'angle moyen du faisceau avec le plan horizontal est d'une quarantaine de degrés. Ces conditions permettent d'optimiser le signal utile.

20 La source S et les n détecteurs qui lui sont associés forment l'ensemble E.

 Chaque détecteur d_1 est relié à un amplificateur a_1 qui amplifie les signaux reçus par ce détecteur. Les gains des amplificateurs a_i sont sensiblement
25 égaux lorsque les détecteurs sont équidistants ; ces derniers pourraient ne pas être équidistants ; dans ce cas, une modification relative des différents gains permettrait de reconstituer le fonctionnement correct du dispositif. Après amplification, ces signaux sont envoyés dans un circuit diviseur e_i . Le
30 circuit diviseur e_i effectue le quotient du signal provenant du détecteur d_i par le signal provenant du détecteur d_{i+1} . Le quotient q_i est dirigé sur l'opérateur 16 qui détermine l'indice du détecteur correspondant à la plus grande valeur du quotient q_i . Ensuite,
35 l'opérateur 16 visualise cette information pour l'utilisateur.

L'opérateur 16 peut comporter un circuit de détermination de maximum, par exemple un détecteur de maximum, ou une série de circuits de comparaison à un seuil, associés chacun à un circuit diviseur e_i , et un dispositif de visualisation, par exemple une série de voyants lumineux dont l'un est obturé pour repérer le niveau, sous la commande du circuit de détermination de maximum. Dans une version simplifiée, chaque circuit diviseur e_i est associé à un appareil de mesure et l'utilisateur détermine lui-même à l'oeil le maximum du signal.

La rapidité de réponse du dispositif est de quelques dizaines de microsecondes. Elle permet de suivre instantanément les variations du niveau d'eau.

Par ailleurs, on remarque qu'il n'est pas nécessaire de prévoir un dispositif de collimation entre la source S et chacun des détecteurs de rayonnement.

On a représenté sur la figure 2 une courbe donnant l'amplitude 18 des quotients q_1 à q_{17} émis par chacun des circuits diviseurs. En effet, il y a dix-huit détecteurs de rayonnement d_1 à d_{18} , mais il y a seulement dix-sept circuits diviseurs correspondant à chacun des dix-sept segments de 20 cm en lesquels la hauteur à surveiller, qui est de 3,40 m, est segmentée.

Comme on peut le constater sur la figure 2, le signal d'amplitude maximum correspond au circuit diviseur e_{11} . Par conséquent, le niveau du liquide se trouve entre le détecteur d_{10} et le détecteur d_{11} .

De préférence, le dispositif de l'invention comporte $n-2$ circuits soustracteurs repérés s_1 à s_{n-2} . Les quotients q_1 à q_{n-1} issus des $n-1$ diviseurs e_1 à e_{n-1} sont soustraits deux à deux. On effectue ainsi la différence $q_i - q_{i+1} = t_i$. Chacune de ces différences t_i est introduite dans un opérateur 24 analogue à l'opérateur 16.

On a représenté sur la figure 3 l'amplitude
26 des signaux t_i en fonction de la distance verticale
20. Comme on peut le constater, les signaux t_i présen-
tent deux pics opposés dont la détection permet la
5 localisation de la couche diphasique. La zone 28 cor-
respond à l'eau liquide, la zone 30 à la couche dipha-
sique constituée à sa partie inférieure par des bulles
de vapeur présentes dans l'eau et à sa partie supé-
rieure par des gouttelettes d'eau dans la vapeur. La
10 zone 32 représente la vapeur.

Afin d'augmenter la sensibilité du disposi-
tif de mesure qui vient d'être décrit, on peut, bien
que cela ne soit pas indispensable, interposer un dis-
positif de collimation entre la source S et chacun des
15 détecteurs d_i de rayonnement. La présence d'un dispo-
sitif de collimation permet une meilleure discrimina-
tion du rayonnement provenant de l'eau activée et des
dépôts radioactifs sur les parois 2 de l'enceinte. Les
pics représentés sur les figures 2 et 3 sont ainsi
20 plus accusés.

On a représenté sur les figures 4 et 5 un
dispositif de collimation qui peut être utilisé avec
l'invention. La figure 2 est une section transversale
à travers le pressuriseur 1 passant par la source S et
25 un collimateur 34. Le blindage de plomb 33 assure la
protection biologique, mais comme on peut le voir sur
la figure 1, dans le sens vertical, l'angle d'ouvertu-
re est suffisamment ouvert pour que le rayonnement
émis par la source atteigne chacun des détecteurs et
30 la source est peu éloignée de la paroi du pressuri-
seur. Aucune collimation n'est nécessaire dans le sens
horizontal contrairement au cas de la demande de bre-
vet français citée en introduction, ce qui permet de
réduire l'encombrement du blindage.

35 Disposé sur un même diamètre du pressuriseur
1, on trouve le détecteur d_i . Ce détecteur peut être

un scintillateur à iodure de sodium. Il est logé dans un blindage 36. Entre le détecteur d_i et la paroi 2, on trouve un collimateur 38 formé de plaques métalliques parallèles aux rayonnements incidents, c'est-à-dire dirigé vers la source S et dont la section peut être par exemple en forme de quadrillage. Ce quadrillage est constitué par un ensemble de tôles métalliques, comme on peut le voir sur la figure 5. Le pas des tôles est par exemple de 1 cm mais la longueur du collimateur 38 n'a nullement besoin d'être aussi importante que dans le cas de la demande de brevet français n° 79 22218. Elle peut être par exemple de 50 cm, ce qui permet de réduire l'encombrement du dispositif.

Lorsque la hauteur sur laquelle on désire surveiller les variations du niveau est importante, on peut prévoir plusieurs dispositifs semblables à celui qui a été décrit en référence aux figures 1 à 5, superposés l'un au-dessus de l'autre, comme on l'a schématisé sur les figures 6 et 7. La figure 6 représente schématiquement une vue en coupe longitudinale d'un pressuriseur 1 comportant trois ensembles E_1 , E_2 , E_3 superposés. La figure 7 est une coupe transversale du pressuriseur 1 qui montre que chacun des ensembles E_1 à E_3 est disposé dans un plan diamétral sécant. Cette disposition a pour but d'éviter que le rayonnement émis par une source, par exemple la source S_1 , n'atteigne les détecteurs de rayonnement d'un autre ensemble.

Sur la figure 7, les plans qui contiennent les ensembles E_1 à E_3 sont situés à 120° l'un de l'autre. Toutefois, cette disposition est seulement préférentielle. L'angle des plans n'influe pas sur la précision des mesures à partir du moment où ces plans sont sécants.

Les signaux émis par les détecteurs de chacun des ensembles E_1 à E_3 sont traités par des moyens

de traitement T_1 à T_3 des signaux émis identiques à ceux qui ont été décrits en référence aux figures 1 à 3. Les signaux issus de chaque détecteur d_i sont amplifiés par un circuit amplificateur a_i . Les signaux μ_i sont introduits deux à deux dans un circuit diviseur e_i qui effectue le quotient μ_i/μ_{i+1} . Ces quotients q_i sont introduits dans un opérateur 16 qui extrait le signal le plus élevé correspondant au niveau de l'eau dans le pressuriseur. Par ailleurs, ces moyens de traitement du signal sont de préférence complétés par $n-2$ circuits soustracteurs qui effectuent les différences $t_i=q_i-q_{i+1}$. Ces différences sont introduites dans un opérateur 24 qui extrait deux valeurs de pics opposés qui délimitent une zone correspondant à la couche diphasique.

Dans l'exemple de réalisation décrit, chaque ensemble E comporte dix-huit capteurs de rayonnement. Afin de permettre de suivre sans discontinuité les variations du niveau, il y a un recouvrement partiel des zones surveillées par les ensembles E_1 et E_2 d'une part, et par les ensembles E_2 et E_3 d'autre part. La zone de recouvrement peut comprendre deux détecteurs, comme représenté sur la figure 6, ou éventuellement trois. Les détecteurs d_{n-1} et d_n de l'ensemble E_1 sont situés aux mêmes cotes verticales que les détecteurs d_1 et d_2 de l'ensemble E_2 . Cependant, leur position dans un plan horizontal est différente, comme le montre la figure 7. Il en va de même dans le cas de la zone de recouvrement des ensembles E_2 et E_3 . Les détecteurs d_{n-1} et d_n de l'ensemble E_2 sont situés aux mêmes cotes verticales que les détecteurs d_1 et d_2 de l'ensemble E_3 .

Ce recouvrement permet de ne pas avoir à tenir compte des différences d'intensité entre les sources des différents ensembles ; de telles différen-

ces d'intensité sont en effet susceptibles dans le dispositif de l'invention, de créer des pics parasites d'importance comparable avec les pics utiles.

5 Il faut remarquer que dans le cas du dispositif décrit en référence aux figures 6 et 7, la présence de dispositifs de collimation, comme par exemple celui qui a été décrit en référence aux figures 4 et 5, est indispensable. En effet, il est nécessaire que les détecteurs de rayonnement d'un ensemble ne soient
10 pas influencés par la source de rayonnement d'un autre ensemble. En conséquence, la présence de dispositifs de collimation qui était seulement une disposition préférentielle dans le cas du mode de réalisation de la figure 1 devient indispensable.

15 Dans toute la description précédente, on a indiqué que les détecteurs de rayonnement sont diamétralement opposés à la source de rayonnement à laquelle ils sont associés ; cette disposition a été préférée car elle minimise l'effet de l'absorption, par les
20 parois, du rayonnement des sources, et qu'elle réalise au mieux le moyennage des perturbations de niveau ; elle est particulièrement recommandée dans le cas des pressuriseurs des réacteurs PWR, qui, devant supporter des pressions élevées, présentent une paroi épaisse,
25 et dans lesquels la transition entre phase liquide et phase vapeur n'est pas franche ; toute autre disposition est toutefois possible et ne remet pas en cause le fonctionnement de l'invention.

REVENDICATIONS

5 1. Dispositif de mesure du niveau d'un liquide dans une enceinte, le dispositif comprenant un ensemble (E), ledit ensemble étant composé d'une source de rayonnement (S) disposée à proximité de la paroi de l'enceinte, et de n détecteurs de rayonnement séparés de la source de rayonnement par un trajet traversant l'enceinte et situés à des niveaux différents sur une même verticale, chaque détecteur (d_i) délivrant après amplification un signal (μ_i) proportionnel à l'intensité du rayonnement reçu, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens (T) de traitement des signaux délivrés par les détecteurs (d_i), ces moyens (T) étant constitués par $n-1$ circuits diviseurs (e_i), les détecteurs (d_i, d_{i+1}) étant reliés deux à deux à un circuit diviseur (e_i) qui effectue le quotient μ_i/μ_{i+1} , le niveau étant alors situé dans l'intervalle entre les détecteurs d_i et d_{i+1} pour lesquels le quotient μ_i/μ_{i+1} est maximal.

20 2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte $n-2$ circuits soustracteurs, les signaux (q_i, q_{i+1}) issus de deux circuits diviseurs (e_i, e_{i+1}) étant introduits dans un circuit soustracteur (s_i) qui effectue la différence ($q_i - q_{i+1}$), les limites haute et basse de la zone diphasique étant alors situées dans les deux intervalles entre les détecteurs (d_i, d_{i+1}) pour lesquels les signaux (s_i) présentent deux extrêmes opposées.

30 3. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, dans lequel les détecteurs de rayonnement sont diamétralement opposés à la source de rayonnement.

4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les détec-

teurs de rayonnement sont disposés à distance égale les uns des autres.

5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel chaque détecteur de rayonnement (d_1 à d_n) comporte un dispositif de collimation (38) orienté vers la source de rayonnement (S).

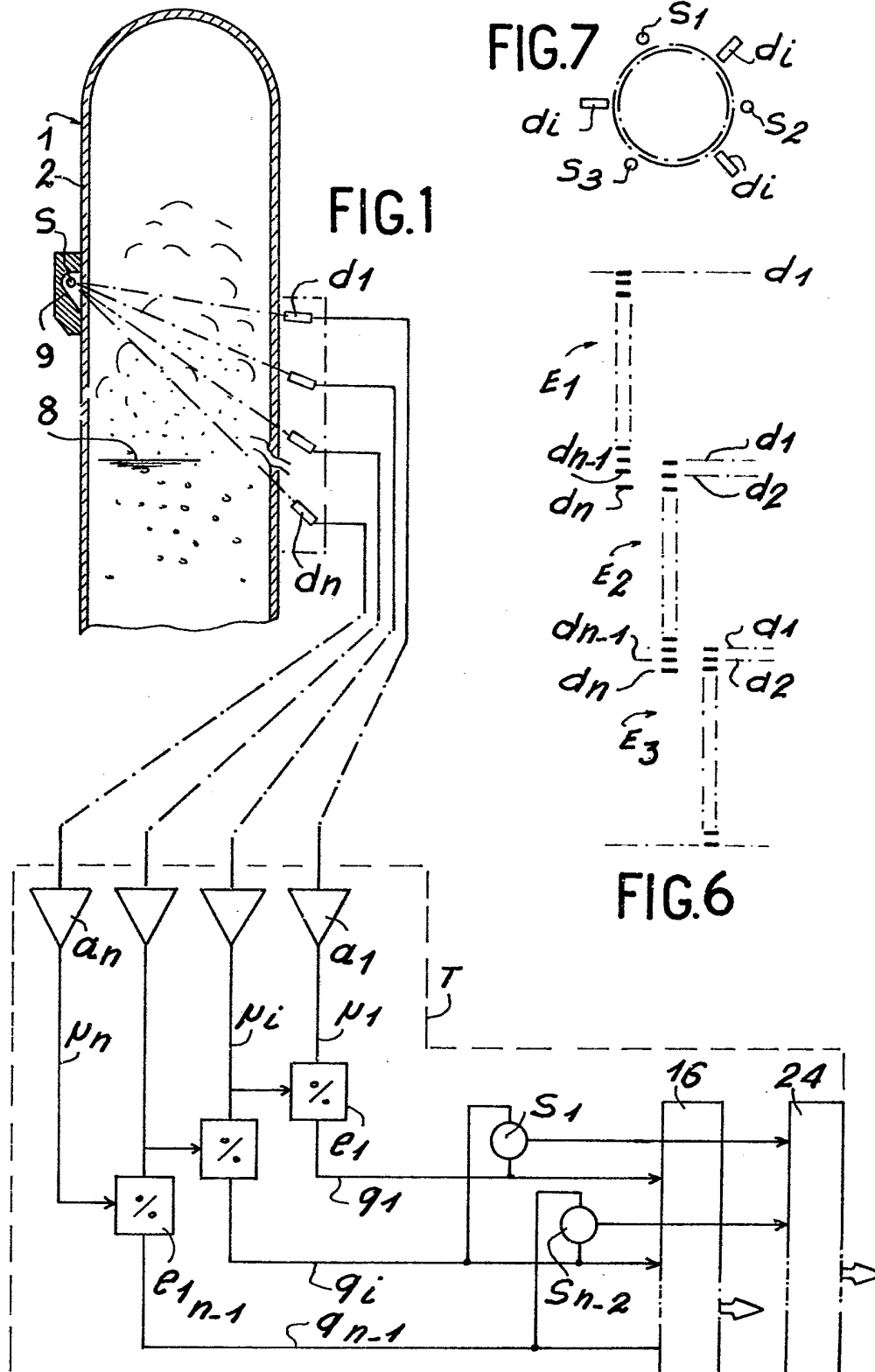
6. Dispositif de mesure caractérisé en ce qu'il comporte plusieurs dispositifs de mesure selon la revendication 5, les ensembles (E_i) formés par une source de rayonnement (S_i) et par les détecteurs de rayonnement (d_1 à d_n) associés étant orientés selon des plans sécants, et positionnés en hauteur de manière à obtenir un recouvrement partiel des zones surveillées par chaque dispositif.

7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que la zone de recouvrement comprend deux ou trois détecteurs (d_i) situés à une même cote horizontale.

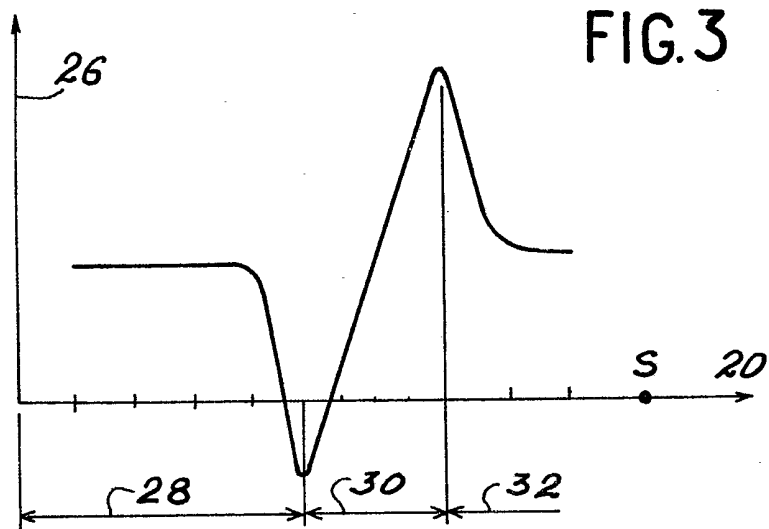
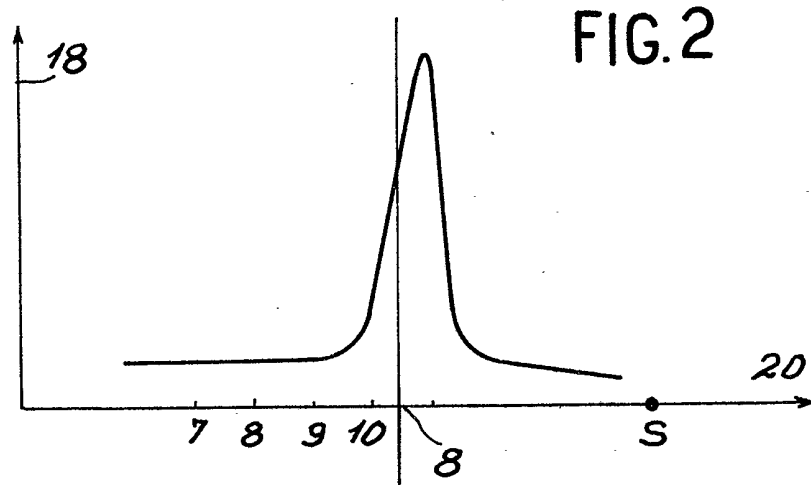
8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que, dans un ensemble (E), la source de rayonnement est disposée à un niveau supérieur à celui des détecteurs.

9. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce que l'angle moyen du trajet source-détecteur d'un ensemble (E) est de 40° par rapport au plan horizontal.

1.3



2,3



3,3

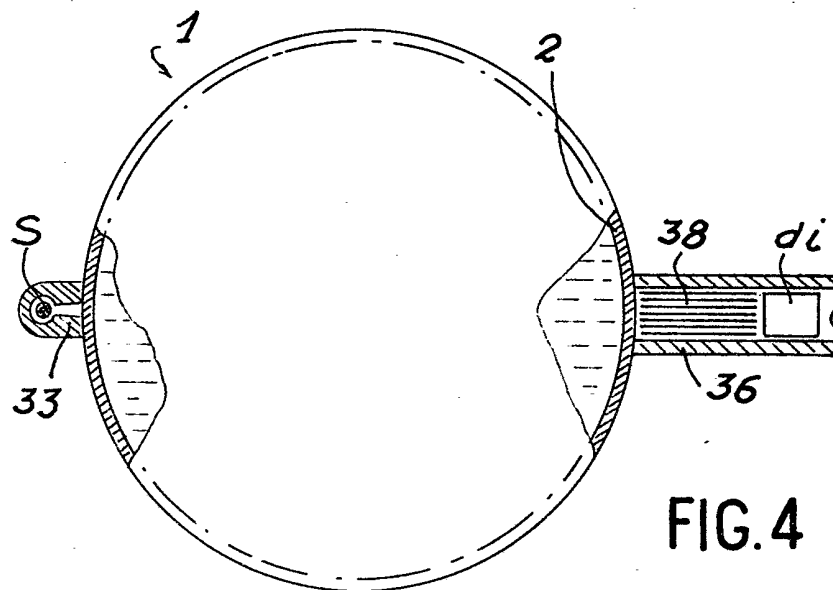


FIG. 4

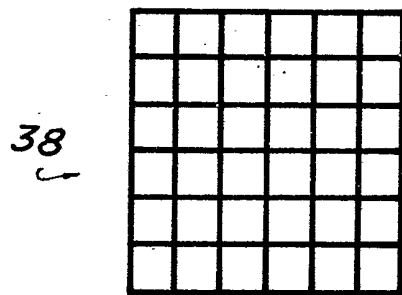


FIG. 5