



(12) **DEMANDE DE BREVET CANADIEN
CANADIAN PATENT APPLICATION**

(13) **A1**

(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2019/06/20
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2019/12/26
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2020/12/09
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: EP 2019/066405
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2019/243543
(30) Priorité/Priority: 2018/06/22 (FR1855601)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *G21F 3/02* (2006.01),
G06F 3/01 (2006.01)
(71) Demandeur/Applicant:
FRAMATOME, FR
(72) Inventeurs/Inventors:
PONS, GUILLAUME, FR;
GREMBER, FRANCK, FR;
CASTELEIRA, AUDREY, FR
(74) Agent: ROBIC

(54) Titre : PROCÉDE ET ENSEMBLE D'INTERVENTION DANS UNE ZONE RADIOACTIVE
(54) Title: METHOD AND ASSEMBLY FOR INTERVENTION IN A RADIOACTIVE ZONE

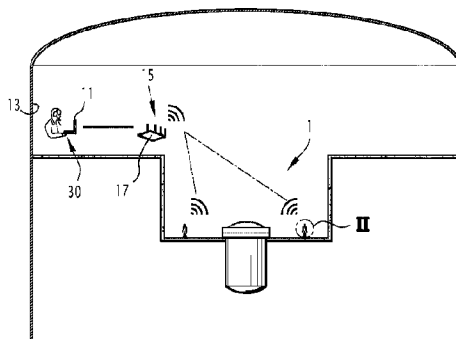


FIG.1

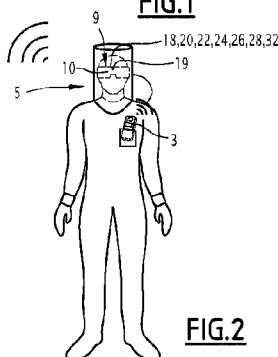


FIG.2

(57) **Abrégé/Abstract:**

Procédé et ensemble d'intervention dans une zone radioactive Le procédé comprend les étapes suivantes : - obtention d'un modèle numérique représentant la topographie en trois dimensions de la zone radioactive (1); - intervention de l'au moins un opérateur dans la zone radioactive (1), l'étape d'intervention comprenant au moins les sous-étapes suivantes : * de manière répétée, mesure d'une d'intensité du rayonnement radioactif par un détecteur portable (3), et détermination des coordonnées spatiales du détecteur portable (3) au moment de la mesure; * enregistrement dans le modèle numérique d'une pluralité desdites mesures et des coordonnées spatiales correspondantes; * matérialisation des mesures enregistrées dans un dispositif de réalité augmentée (5) porté par l'au moins un opérateur, par une pluralité de symboles holographiques discrets (7).

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international(43) Date de la publication internationale
26 décembre 2019 (26.12.2019)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2019/243543 A1

- (51) Classification internationale des brevets :
G21F 3/02 (2006.01) G06F 3/01 (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2019/066405
- (22) Date de dépôt international :
20 juin 2019 (20.06.2019)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
1855601 22 juin 2018 (22.06.2018) FR
- (71) Déposant : FRAMATOME [FR/FR] ; 1 place Jean Millier
Tour Areva, 92400 COURBEVOIE (FR).
- (72) Inventeurs : PONS, Guillaume ; 180 route des La-
vandières, 26600 MERCUROL-VEAUNES (FR). GREM-
BER, Franck ; 112 rue Baraban, 69003 LYON (FR).
CASTELEIRA, Audrey ; 69 cours richard Vitton, 69003
LYON (FR).
- (74) Mandataire : COLOMBIE, Damien et al. ; Lavoix, 2,
place d'Estienne d'Orves, 75441 PARIS CEDEX 09 (FR).
- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO,
AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA,
CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ,
EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,
HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR,
KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG,
MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM,
PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC,
SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM,
KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM),
européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES,
FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK,
MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI
(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).
- Publiée:
— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title: METHOD AND ASSEMBLY FOR INTERVENTION IN A RADIOACTIVE ZONE

(54) Titre : PROCÉDÉ ET ENSEMBLE D'INTERVENTION DANS UNE ZONE RADIOACTIVE

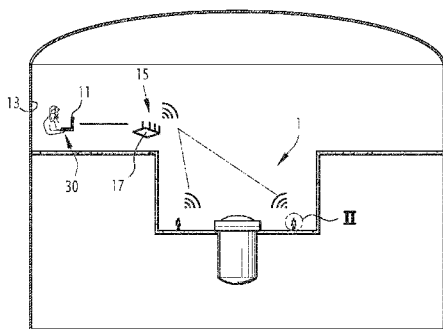


FIG.1

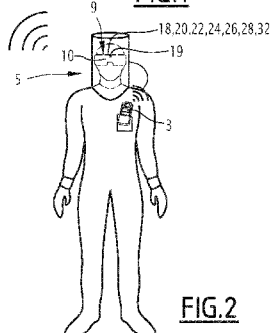


FIG.2

(57) **Abstract:** The invention relates to a method and assembly for intervention in a radioactive zone. Said method comprises the following steps: production of a digital model representing the three-dimensional topography of the radioactive zone (1); and intervention of the at least one operator in the radioactive zone (1), the intervention step comprising at least the following substeps: repeated measurement of the radioactive radiation intensity by a portable detector (3), and determination of the spatial coordinates of the portable detector (3) at the time of the measurement; recording of a plurality of said measurements and the corresponding spatial coordinates in the digital model; and materialisation of the recorded measurements in an augmented reality device (5) worn by the at least one operator, by a plurality of discrete holographic symbols (7).

(57) **Abrégé :** Procédé et ensemble d'intervention dans une zone radioactive Le procédé comprend les étapes suivantes : - obtention d'un modèle numérique représentant la topographie en trois dimensions de la zone radioactive (1); - intervention de l'au moins un opérateur dans la zone radioactive (1), l'étape d'intervention comprenant au moins les sous-étapes suivantes : * de manière répétée, mesure d'une d'intensité du rayonnement radioactif par un détecteur portable (3), et détermination des coordonnées spatiales du détecteur portable (3) au moment de la mesure; * enregistrement dans le modèle numérique d'une pluralité desdites mesures et des coordonnées spatiales correspondantes; * matérialisation des mesures enregistrées dans un dispositif de réalité augmentée (5) porté par l'au moins un opérateur, par une pluralité de symboles holographiques discrets (7).

WO 2019/243543 A1

Procédé et ensemble d'intervention dans une zone radioactive

La présente invention concerne les opérations d'intervention dans une zone radioactive.

5 Dans le cadre d'opérations de maintenance effectuées dans des installations nucléaires, les opérateurs travaillant en zone contrôlée sont exposés à plusieurs types de risques :

- risque radiologique (débit de dose ambiant, points chauds, contamination radiologique).
- sécurité classique (chutes de plain-pied, manutention de charge, travaux en hauteur, risque d'anoxie, brûlure, etc...).

10 La prise en compte de ces différents risques permet de réaliser une opération de maintenance en toute sécurité, tout en limitant la dose intégrée au strict nécessaire (principe ALARA).

Beaucoup de ces risques sont indétectables par les sens humains (contamination, rayonnements ionisants), ou peuvent être masqués par l'environnement de travail (risque
15 de chute dans une ouverture de plancher, zone d'interdiction de circulation lors des opérations de manutention de charge, ou plus généralement toute situation à risques ne pouvant faire l'objet d'une signalétique permanente). Par ailleurs, les équipements de protection peuvent limiter le champ de vision de l'opérateur, ce qui accroît encore le risque en cas de manutention de charge, ou empêche les opérateurs de consulter leurs
20 dosimètres opérationnels.

Actuellement, les risques sont traités de la manière suivante.

- Le risque d'irradiation est couvert par l'utilisation d'un radiamètre et le port d'un dosimètre opérationnel par chaque intervenant. Des alarmes sonores et lumineuses peuvent prévenir l'opérateur en cas de dépassement d'un seuil prédéfini.
- 25 - Le risque de contamination est couvert par la réalisation de mesures par un contaminamètre portatif ou l'utilisation éventuelle d'une balise aérosol permettant de mesurer respectivement le niveau de contamination fixée ou atmosphérique.
- Les risques matériels classiques sont matérialisés physiquement, par la mise en place d'un balisage physique dans le cas d'une ouverture dans le plancher ou d'une zone de
30 manutention de charges lourdes.

Par ailleurs, avant le début des opérations en zones contrôlées :

- une cartographie préliminaire sur papier (dosimétrie et niveau de contamination) est transmise aux intervenants ou affichée à l'entrée du local de travail ; cette cartographie est réalisée par le service SPR (Service de Prévention des Risques) ; dans le cas où la
35 zone comporte des points chauds (points de forte irradiation ou de forte contamination

radiologique), une signalétique normée (trisection colorisé et valeur de débit de dose au niveau des points chauds) peut être mise en place par le service SPR ;

- les risques classiques sont évoqués oralement lors des visites préalables ou lors des dernières réunions de mise au point, juste avant l'intervention.

5 Des solutions techniques ont récemment été proposées pour limiter les risques pendant les interventions en zones radioactives.

Une première solution consiste à assurer une surveillance complémentaire visuelle et phonique, via une baie de supervision extérieure, avec un suivi télédosimétrique des opérateurs par le superviseur. Ce système est particulièrement bien adapté au cas
10 d'interventions en fond de piscine ou d'interventions demandant le port de TEV (Tenue Etanche Ventilée).

Selon une seconde solution existante, un poste de supervision et de prévention des risques permet d'interconnecter des caméras, de la télédosimètre ou d'autres capteurs, et d'archiver les données dans une application de supervision.

15 L'approche actuelle, en dépit des améliorations apportées par les solutions techniques ci-dessus, présentent des inconvénients importants.

Concernant les risques liés à la dosimétrie :

- l'opérateur s'appuie sur des états mesurés antérieurement (cartographie papier qui a pu évoluer depuis les derniers relevés), et il est obligé de contrôler la dosimétrie de son
20 périmètre d'intervention à l'aide d'un radiamètre ;

- le partage de cette information avec les autres opérateurs est fait oralement et ne prend pas en compte les potentiels changements de configuration de la situation radiologique du local en cours d'intervention ;

- il n'y a pas de matérialisation de points de repli de type ALARA (points de la zone
25 d'intervention où le débit de dose est minimum), par méconnaissance de la cartographie des débits de dose, notamment dans les environnements à forte irradiation tels que les piscines de réacteur ;

- suivant le type de tenue portée, la dosimétrie individuelle opérationnelle est difficile à lire en temps réel et est souvent contrôlée en fin de poste, sauf en cas d'utilisation de
30 télédosimètres ou d'un système de phonie d'appoint permettant une information orale du superviseur vers les opérateurs ;

- dans le cas de la seconde solution technique mentionnée ci-dessus, les systèmes de phonie, supervision et télédosimétrie sont directement impactés par les problèmes de transmission de données par ondes électromagnétiques rencontrés en bâtiment réacteur,

notamment les perturbations induites par le liner métallique de la piscine réacteur ou les massifs de béton de forte épaisseur séparant physiquement les différents locaux.

Concernant les risques liés à la contamination, la situation est sensiblement la même que pour les risques liés à la dosimétrie.

5 Concernant les risques classiques :

- ces risques sont évalués en visite préalable de chantier, lors de réunions de mise au point ;

- aucune cartographie, même papier, ne stipule la localisation des risques ou leur évolution ;

10 - seule une communication phonique lors d'une intervention d'un opérateur en TEV (Tenue Etanche Ventilée) peut permettre à cet opérateur de partager ces risques avec les autres opérateurs travaillant avec lui, directement ou via le superviseur.

Ainsi, l'information sur ces différents risques :

- n'est pas traitée en temps réel ;

15 - est difficilement matérialisable ;

- est partagée oralement seulement.

Dans ce contexte, l'invention selon un premier aspect vise à proposer un procédé d'intervention dans une zone radioactive permettant de mieux gérer les risques, notamment les risques liés à l'irradiation.

20 A cette fin, l'invention porte sur un procédé d'intervention d'au moins un opérateur dans une zone radioactive, le procédé comprenant les étapes suivantes :

- obtention d'un modèle numérique représentant la topographie en trois dimensions de la zone radioactive ;

25 - intervention de l'au moins un opérateur dans la zone radioactive, l'étape d'intervention comprenant au moins les sous-étapes suivantes :

* de manière répétée, mesure d'une d'intensité du rayonnement radioactif par un détecteur portable, notamment le détecteur portable porté par l'au moins un opérateur, et détermination des coordonnées spatiales du détecteur portable au moment de la mesure ;

30 * enregistrement dans le modèle numérique d'une pluralité desdites mesures et des coordonnées spatiales correspondantes ;

* matérialisation des mesures enregistrées dans un dispositif de réalité augmentée porté par l'au moins un opérateur, par une pluralité de symboles holographiques discrets, en utilisant le modèle numérique, chaque symbole holographique indiquant l'intensité du rayonnement radioactif d'une des mesures enregistrées et étant placé de manière à

apparaître de manière visible pour l'au moins un opérateur aux coordonnées spatiales correspondantes.

5 Du fait que les mesures enregistrées sont matérialisées dans un dispositif de réalité augmentée porté par l'au moins un opérateur, celui-ci a accès aux données de manière simple, et il connaît en temps réel le débit de dose dans son environnement.

10 L'utilisation de symboles holographiques discrets, indiquant l'intensité du rayonnement radioactif, placés de manière à apparaître pour l'au moins un opérateur aux coordonnées spatiales correspondantes, permet de lui transmettre l'information de manière lisible. Cette information n'est pas lisible quand elle est transmise sous la forme d'un nuage de points remplissant tout l'espace de la zone.

Au contraire, l'invention prévoit de ne matérialiser les mesures de débit de doses qu'en un nombre limités de points, typiquement le long du chemin parcouru par l'opérateur dans la zone radioactive quand le détecteur portable est porté par l'opérateur.

15 Le procédé de l'invention peut également présenter une ou plusieurs des caractéristiques ci-dessous, considérées individuellement ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles :

20 - le dispositif de réalité augmentée comprend au moins un casque porté par l'au moins un opérateur, avec une surface d'affichage translucide placée devant les yeux de l'au moins un opérateur, les symboles holographiques étant affichés sur la surface d'affichage de manière à apparaître de manière visible pour l'au moins un opérateur aux coordonnées spatiales déterminées correspondantes ;

25 - l'étape d'obtention comprend une sous-étape d'enregistrement d'images de la zone radioactive avec au moins une caméra, notamment l'au moins une caméra portée par l'au moins un opérateur, et une sous-étape de détermination du modèle numérique en utilisant les images enregistrées ;

- l'étape d'obtention est effectuée simultanément avec l'étape d'intervention, le modèle numérique étant progressivement déterminé ou enrichi avec les images enregistrées pendant l'étape d'intervention ;

30 - l'enregistrement d'une des mesures et sa matérialisation sont déclenchés par l'au moins un opérateur, ledit symbole holographique discret matérialisant l'intensité du rayonnement radioactif mesuré par le détecteur portable au moment du déclenchement ;

- l'ajout d'un symbole holographique discret dans le dispositif de réalité augmentée est déclenché quand l'intensité du rayonnement radioactif mesuré par le détecteur portable est supérieure à une valeur prédéterminée ;

- le procédé comprend une étape d'enregistrement dans le modèle numérique d'au moins un des éléments suivants associé à des coordonnées spatiales correspondantes : zone de repli ALARA, risque conventionnel non nucléaire ;

5 - l'étape d'intervention comprend une sous-étape de matérialisation de l'au moins un élément dans le dispositif de réalité augmentée par un symbole holographique spécifique apparaissant de manière visible pour l'opérateur aux coordonnées spatiales correspondantes ;

10 - le modèle numérique est partagé par plusieurs opérateurs, chaque opérateur étant équipé d'un dispositif de réalité augmentée matérialisant les mesures enregistrées par une pluralité de symboles holographiques discrets en utilisant le modèle numérique, chaque symbole holographique indiquant l'intensité du rayonnement radioactif d'une des mesures enregistrées et étant placé de manière à apparaître de manière visible pour ledit opérateur aux coordonnées spatiales correspondantes ;

15 - les opérateurs interviennent tous dans la zone radioactive pendant l'étape d'intervention, l'étape d'intervention comprenant au moins les sous-étapes suivantes :

* de manière répétée, mesure d'une d'intensité du rayonnement radioactif par le détecteur portable porté par chaque opérateur, et détermination des coordonnées spatiales du détecteur portable au moment de la mesure ;

20 * enregistrement dans le modèle numérique commun d'une pluralité desdites mesures et des coordonnées spatiales correspondantes.

Selon un second aspect, l'invention porte sur un ensemble d'intervention pour au moins un opérateur dans une zone radioactive, l'ensemble comprenant :

- un modèle numérique représentant la topographie en trois dimensions de la zone radioactive ;

25 - un détecteur portable effectuant des mesures d'une intensité du rayonnement radioactif ;

- un module de détermination des coordonnées spatiales du détecteur portable au moment de chaque mesure ;

30 - un module d'enregistrement dans le modèle numérique d'une pluralité desdites mesures et des coordonnées spatiales correspondantes ;

- un dispositif de réalité augmentée porté par l'au moins un opérateur ;

35 - un module de matérialisation des mesures enregistrées par une pluralité de symboles holographiques discrets dans le dispositif de réalité augmentée, en utilisant le modèle numérique, configuré pour que chaque symbole holographique indique l'intensité du rayonnement radioactif d'une des mesures enregistrées et soit placé de manière à

apparaître de manière visible pour l'au moins un opérateur aux coordonnées spatiales correspondantes.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description détaillée qui en est donnée ci-dessous, à titre indicatif et nullement limitatif, en référence

5 aux figures annexées, parmi lesquelles :

- La figure 1 est une représentation schématique simplifiée de l'ensemble d'intervention de l'invention ;

- La figure 2 est un zoom sur un élément de la figure 1 ; et

10 - La figure 3 est une vue en perspective illustrant les hologrammes ajoutés par le dispositif de vision augmentée dans le champ de vision des opérateurs.

L'invention concerne donc un procédé d'intervention d'au moins un opérateur dans une zone radioactive 1.

15 Cette zone est appelée radioactive au sens où elle se trouve dans une installation contenant des matières radioactives. Elle contient elle-même de la matière radioactive, ou est susceptible d'en contenir.

L'installation est une INB (Installation Nucléaire de Base), telle qu'un réacteur nucléaire, une installation du cycle du combustible nucléaire ou encore un laboratoire. En variante, l'installation est une ICPE (Installation Classée pour la Protection de l'Environnement) ou toute autre installation.

20 La zone est de tout type. Cette zone est par exemple une piscine de réacteur, une cellule chaude ou tout local classé en zone contaminée d'une INB ouvrant accès à une opération de maintenance.

L'intervention vise à réaliser toute sorte de travaux dans la zone radioactive : travaux de maintenance, de nettoyage, de démantèlement, etc

25 L'intervention est effectuée par un opérateur unique ou au contraire par une équipe de plusieurs opérateurs intervenant en même temps ou successivement dans la zone radioactive 1.

Le procédé comprend au moins les étapes suivantes :

30 - obtention d'un modèle numérique représentant la topographie en trois dimensions de la zone radioactive 1;

- intervention de l'au moins un opérateur dans la zone radioactive 1, l'étape d'intervention comprenant au moins les sous-étapes suivantes :

35 * de manière répétée, mesure d'une d'intensité du rayonnement radioactif par un détecteur portable 3 (figure 2), et détermination des coordonnées spatiales du détecteur portable 3 au moment de la mesure ;

* enregistrement dans le modèle numérique d'une pluralité desdites mesures et des coordonnées spatiales correspondantes ;

5 * matérialisation des mesures enregistrées dans un dispositif de réalité augmentée 5 (figure 2) porté par l'au moins un opérateur, par une pluralité de symboles holographiques discrets 7 (figure 3), en utilisant le modèle numérique, chaque symbole holographique 7 indiquant l'intensité du rayonnement radioactif d'une des mesures enregistrées et étant placé de manière à apparaître de manière visible pour l'au moins un opérateur aux coordonnées spatiales correspondantes.

10 Le détecteur portable 3 est de préférence porté par l'au moins un opérateur. Il est configuré pour mesurer le débit de dose à l'endroit où se tient l'opérateur.

Typiquement, l'intensité du rayonnement radioactif est mesurée en continu par le détecteur portable 3.

Quand plusieurs opérateurs interviennent, chaque opérateur est équipé d'un détecteur portable 3.

15 Le détecteur portable est de tout type adapté. Il est prévu par exemple pour mesurer les rayonnements γ , ou β , ou tout autre type de rayonnement.

Le dispositif de réalité augmentée 5 comprend typiquement un casque 9 porté par l'au moins un opérateur, avec une surface d'affichage 10 translucide placée devant les yeux de l'au moins un opérateur.

20 Par exemple, le dispositif de réalité augmentée 5 est du type Microsoft Hololens®.

Typiquement, chaque opérateur est équipé d'un dispositif de réalité augmentée 5 du type ci-dessus, avec un casque 9.

25 Un poste de supervision 11 (figure 1) est placé à distance de la zone radioactive 1, par exemple dans une salle 13 où les conditions radiologiques permettent une présence permanente. Des moyens de communication 15 sont configurés pour permettre l'échange de données entre le ou chaque dispositif de réalité augmentée 5 et le poste de supervision 11.

30 Dans l'exemple représenté sur la figure 1, les moyens de communication 15 comprennent un ou plusieurs émetteurs/récepteurs wifi 17, raccordé(s) de manière filaire au poste de supervision 11, par exemple par une liaison de type RJ45.

Le ou chaque dispositif de réalité augmentée 5 (figure 2) est équipé d'un module de communication wifi, permettant d'envoyer ou de recevoir des données au ou à chaque émetteur/récepteur wifi 17.

Le détecteur portable 3 porté par l'opérateur communique avec le dispositif de réalité augmentée 5 porté par ledit opérateur, de préférence selon un protocole de communication Bluetooth.

Un opérateur supplémentaire, appelé superviseur, gère le poste de supervision 11. Il est de préférence équipé lui aussi d'un dispositif de réalité augmentée 5, du même type que celui porté par le ou chaque autre opérateur, ou d'un casque de réalité virtuelle, ou d'un ordinateur permettant de visualiser les images vues par les opérateurs.

La détermination des coordonnées spatiales du détecteur portable 3 au moment de la mesure de l'intensité du rayonnement radioactif est réalisée par un module de géolocalisation 18, typiquement intégré au dispositif de réalité augmentée 5 (figure 2). En variante, ce module est indépendant du dispositif de réalité augmentée 5.

Le modèle numérique représente la topographie, c'est-à-dire la géométrie, de toute la zone radioactive 1, ou de seulement une partie de la zone radioactive 1. Il décrit à la fois les structures de génie civil et les équipements disposés dans la zone radioactive 1.

Le modèle numérique est stocké dans le dispositif de réalité augmentée 5. Quand plusieurs opérateurs interviennent, il est stocké dans le dispositif de réalité augmentée 5 de chacun des opérateurs. Il est modifié simultanément dans chaque dispositif de réalité augmentée 5.

En variante, il est stocké dans le poste de supervision 11, ou dans tout autre espace de stockage numérique adapté accessible par les dispositifs de réalité augmentée 5 de tous les opérateurs.

L'étape d'obtention du modèle numérique comprend :

- une sous-étape d'enregistrement d'images de la zone radioactive 1 avec une ou plusieurs caméras 19, et
- une sous-étape de détermination du modèle numérique en utilisant les images enregistrées.

La ou chaque caméra 19 est portée par l'opérateur. Avantageusement, elle fait partie du casque 9 du dispositif de réalité augmentée 5 (figure 2).

La détermination du modèle numérique en utilisant les images enregistrées est effectuée par le dispositif de réalité augmentée. Cette fonctionnalité existe dans le dispositif de réalité augmentée Microsoft HoloLens®. La méthode de détermination du modèle numérique ne sera donc pas décrite en détails ici.

L'étape d'obtention du modèle numérique est effectuée simultanément avec l'étape d'intervention, le modèle numérique étant progressivement déterminé ou enrichi avec les images enregistrées pendant l'étape d'intervention.

5 Plus précisément, lors de la première intervention d'un opérateur dans la zone radioactive 1, les images enregistrées par la ou chaque caméra portée 19 par l'opérateur servent à créer le modèle numérique.

10 Lors des interventions suivantes de l'opérateur, les images supplémentaires enregistrées par la ou chaque caméra 19 portée par l'opérateur servent à enrichir le modèle numérique, c'est-à-dire à le compléter ou à le rendre plus précis. Notamment, les images enregistrées servent à étendre le modèle numérique de manière à ce que celui-ci représente des parties ou des équipements de la zone radioactive non encore couverts à la fin de la première intervention.

Comme décrit plus haut, le modèle numérique est avantageusement partagé par les opérateurs.

15 On entend par là que le même modèle numérique est stocké dans chaque dispositif de réalité augmentée 5. Les modifications apportées au modèle commun sont effectuées simultanément dans tous les dispositifs de réalité augmentée, quelle que soit l'origine des modifications.

20 Notamment, lors des interventions de chaque opérateur, les images enregistrées par la caméra portée par ledit opérateur servent à enrichir le modèle numérique commun.

L'enregistrement d'une des mesures et sa matérialisation par un symbole holographique sont de préférence déclenchés par l'au moins un opérateur, ledit symbole holographique discret matérialisant l'intensité du rayonnement radioactif mesuré par le détecteur portable 3 au moment du déclenchement.

25 Le déclenchement est par exemple effectué par un geste de la main de l'opérateur devant la caméra 19. Ceci est particulièrement commode quand l'opérateur porte une tenue de protection comme une TEV.

En variante, le déclenchement est effectué en pressant un bouton, vocalement, ou par tout autre moyens.

30 Les symboles holographiques 7 sont affichés sur la surface d'affichage 10 de manière à apparaître pour l'au moins un opérateur aux coordonnées spatiales déterminées correspondantes.

Par exemple, chaque symbole holographique 7 est un point de couleur placé sur le sol, comme illustré sur la figure 3. Le point est un disque, ou un rectangle ou présente

toute autre forme adaptée. Il est sans épaisseur, ou au contraire présente une hauteur non nulle.

Avantageusement, la mesure enregistrée est indiquée numériquement sur le point, de manière lisible pour l'opérateur.

5 La couleur du point est choisie en fonction de la valeur de la mesure enregistrée. Elle respecte par exemple la norme colorimétrique en vigueur dans l'installation nucléaire de base où est effectuée l'intervention.

Par exemple, le point est :

- 10 - bleu quand le débit équivalent de dose mesuré est compris entre 0.5 $\mu\text{Sv/h}$ et 7.5 $\mu\text{Sv/h}$;
- vert quand le débit équivalent de dose mesuré est compris entre 7.5 $\mu\text{Sv/h}$ et 25 $\mu\text{Sv/h}$;
- jaune quand le débit équivalent de dose mesuré est compris entre 25 $\mu\text{Sv/h}$ et 2 mSv/h ;
- orange quand le débit équivalent de dose mesuré est compris entre 2 mSv/h et 100mSv/h ;
- 15 - rouge quand le débit équivalent de dose mesuré est supérieur à 100 mSv/h.

Le symbole holographique 7 est avantageusement différent quand la mesure enregistrée dépasse un seuil prédéterminé, par exemple 2.5 mSv/h. Le symbole holographique 7 dans ce cas est choisi pour être très visible, de manière à signaler la présence d'un point chaud. Dans l'exemple représenté sur la figure 3, ce symbole est un point rouge sur le sol, avec un triangle rouge au-dessus du point, relié au point par un trait vertical noir.

20 Le symbole holographique 7 est choisi et positionné automatiquement par le dispositif de réalité augmenté 5.

Les symboles holographiques 7 sont qualifiés de discrets car ils sont distinct les uns des autres et séparés les uns des autres. Ils ne forment pas ensemble un volume continu représentant la distribution spatiale de débit de dose dans toute la zone radioactive. L'opérateur ne voit qu'un petit nombre de symboles holographiques, créés par lui ou par les autres opérateurs.

Typiquement, ces symboles holographiques seront répartis le long de son parcours dans la zone radioactive 1, entre le point d'entrée dans la zone radioactive 1 et les différents postes de travail.

30 Selon une variante avantageuse, l'ajout d'un symbole holographique discret 7 dans le dispositif de réalité augmenté 5 est déclenché quand l'intensité du rayonnement radioactif mesuré par le détecteur portable 3 est supérieure à une valeur prédéterminée.

35 Ce déclenchement est automatique.

Selon une variante de réalisation, l'ajout d'un symbole est déclenché quand l'intensité du rayonnement radioactif mesuré par le détecteur portable 3 est supérieure à une valeur absolue, indépendante de la position de l'opérateur dans la zone radioactive. Cette valeur est par exemple enregistrée dans détecteur 3.

5 Selon une autre variante, une carte de la distribution spatiale de débit de dose dans toute la zone radioactive est enregistrée avant l'intervention, par exemple dans le même espace de stockage numérique que le modèle numérique.

10 Un module de déclenchement automatique 20 (figure 2) compare de manière continue la mesure de l'intensité du rayonnement radioactif fournie par le détecteur portable et la mesure consignée sur la carte à l'endroit où se trouve le détecteur 3. La mesure consignée correspond à la valeur prédéterminée mentionnée ci-dessus. Si la mesure fournie par le détecteur portable est supérieure à la mesure consignée, le module de déclenchement automatique 20 déclenche automatiquement la sous-étape d'enregistrement et la sous-étape de matérialisation. Le symbole holographique ajouté est
15 avantageusement différent des autres, de manière à attirer l'attention de l'opérateur.

Le module de déclenchement automatique 20 est par exemple intégré dans le dispositif de réalité augmentée 5.

20 Quand plusieurs opérateurs interviennent tous dans la zone radioactive pendant l'étape d'intervention, l'étape d'intervention comprend au moins les sous-étapes suivantes :

- de manière répétée, mesure d'une d'intensité du rayonnement radioactif par le détecteur portable 3 porté par chaque opérateur, et détermination des coordonnées spatiales du détecteur portable 3 au moment de la mesure ;
- enregistrement dans le modèle numérique commun d'une pluralité desdites
25 mesures et des coordonnées spatiales correspondantes.

Ainsi, chaque opérateur alimente le modèle numérique commun avec des valeurs enregistrées.

Les opérateurs interviennent ensemble dans la zone radioactive, ou l'un après l'autre.

30 De plus, quand le modèle numérique est partagé entre plusieurs opérateurs, les symboles holographiques 7 sont placés par le dispositif de réalité augmentée 5 de chaque opérateur de manière à apparaître pour ledit opérateur aux coordonnées spatiales correspondantes.

35 Ainsi, chaque opérateur voit le symbole holographique discret à une distance et selon un angle fonction de sa position courante.

Selon un autre aspect, le procédé comprend une étape d'enregistrement dans le modèle numérique d'au moins un des éléments suivants associé à des coordonnées spatiales correspondantes : zone de repli ALARA, risque conventionnel non nucléaire.

5 Dans ce cas, l'étape d'intervention comprend une sous-étape de matérialisation de l'au moins un élément dans le dispositif de réalité augmentée par un symbole holographique spécifique 21 apparaissant pour l'opérateur aux coordonnées spatiales correspondantes (voir figure 3).

10 Le risque conventionnel est par exemple un trou dans le plancher créant un risque de chute pour l'opérateur, ou un cône de levage, c'est-à-dire un volume situé sous un organe de manutention de charges tel qu'un pont ou un palan.

Le symbole holographique spécifique peut être différent pour chaque type de risque de manière à ce que l'opérateur puisse comprendre la nature du risque en le voyant. Dans l'exemple illustré sur la figure 3, le symbole holographique spécifique 21 est un triangle rouge, semblable à un panneau de signalisation routière.

15 La zone de repli ALARA est une zone où le débit de dose est particulièrement faible. Les opérateurs peuvent s'y arrêter un long moment si nécessaire, pour y effectuer des tâches ne nécessitant pas leur présence en un point spécifique de la zone radioactive.

20 La zone de repli ALARA est par exemple matérialisée par un symbole holographique spécifique 21 de forme parallélépipédique. Le mot ALARA est inscrit sur le parallélépipède, de manière visible pour l'opérateur. La couleur du symbole holographique spécifique 21 est choisie en fonction du débit de dose au niveau de la zone de repli ALARA. Elle respecte par exemple la norme colorimétrique en vigueur dans l'installation nucléaire où est effectuée l'intervention, comme décrit plus haut.

25 Quand le modèle numérique est partagé entre plusieurs opérateurs, le dispositif de réalité augmentée de chaque opérateur fait apparaître le symbole holographique spécifique 21 pour ledit opérateur aux coordonnées spatiales correspondantes (voir figure 3).

30 L'étape d'enregistrement dans le modèle numérique est effectuée par le superviseur sur le poste de supervision 11, ou est effectuée par un des opérateurs. Par exemple, l'opérateur se place à l'endroit où le symbole holographique spécifique 21 doit apparaître et effectue un geste devant la caméra 19 du dispositif de réalité augmentée 5. Le geste à faire est différent en fonction du risque à signaler. Le dispositif de réalité augmentée 5 détecte et interprète le geste, et enregistre l'élément correspondant dans le

modèle numérique, avec les coordonnées spatiales correspondantes fournies par le module de géolocalisation 18.

Il est à noter que chaque opérateur en variante est équipé d'un ou plusieurs autres détecteurs portables, par exemple un contaminamètre. Les mesures effectuées par le ou
5 chaque autre détecteur portable, et les coordonnées spatiales correspondantes du détecteur portable au moment de la mesure, sont enregistrées dans le modèle numérique. Ces mesures sont elles aussi matérialisées par des symboles holographiques dans le dispositif de réalité augmentée.

L'invention porte également sur un ensemble d'intervention pour au moins un
10 opérateur dans une zone radioactive 1. L'ensemble comprend (figure 2):

- un modèle numérique représentant la topographie en trois dimensions de la zone radioactive 1;

- au moins un détecteur portable 3 effectuant des mesures d'une intensité du rayonnement radioactif ;

15 - un module 18 de détermination des coordonnées spatiales du détecteur portable 3 au moment de chaque mesure ;

- un module 22 d'enregistrement dans le modèle numérique d'une pluralité desdites mesures et des coordonnées spatiales correspondantes ;

- un dispositif de réalité augmentée 5 porté par l'au moins un opérateur ;

20 - un module 24 de matérialisation des mesures enregistrées par une pluralité de symboles holographiques discrets dans le dispositif de réalité augmenté 5, en utilisant le modèle numérique.

Le module de matérialisation 24 est configuré pour que chaque symbole holographique discret indique l'intensité du rayonnement radioactif d'une des mesures
25 enregistrées et soit placé de manière à apparaître de manière visible pour l'au moins un opérateur aux coordonnées spatiales correspondantes.

Le détecteur portable 3 et le module 18 de détermination des coordonnées spatiales du détecteur portable 3 sont comme décrit ci-dessus.

Le dispositif de réalité augmenté 5 est comme décrit ci-dessus. Il est typiquement
30 du type Microsoft Hololens®.

Le dispositif de réalité augmentée 5 comprend typiquement un casque 9 porté par l'au moins un opérateur, avec une surface d'affichage translucide placée devant les yeux de l'au moins un opérateur.

L'ensemble comporte de préférence un module 26 d'obtention du modèle
35 numérique, comprenant lui-même :

- au moins une caméra 19 configurée pour enregistrer des images de la zone radioactive 1, et
- un sous-module 28 de détermination du modèle numérique en utilisant les images enregistrées.

5 La ou chaque caméra 19 est portée par l'opérateur. Avantageusement, elle fait partie du casque 9 du dispositif de réalité augmentée 5.

10 Le sous-module 28 de détermination du modèle numérique en utilisant les images enregistrées est intégré dans le dispositif de réalité augmentée. Cette fonctionnalité existe dans le système de réalité augmentée Microsoft HoloLens®. La méthode de détermination du modèle numérique ne sera donc pas décrite en détails ici.

 Le module 22 d'enregistrement des mesures et des coordonnées spatiale est typiquement intégré dans le dispositif de réalité augmenté 5.

15 Le module de matérialisation 24 est typiquement intégré dans le dispositif de réalité augmenté 5. Il est configuré pour que les symboles holographiques soient affichés sur la surface d'affichage 10 de manière à apparaître pour l'au moins un opérateur aux coordonnées spatiales déterminées correspondantes.

20 Les modules d'enregistrement et de matérialisation 22, 24 sont configurés pour que l'enregistrement d'une des mesures et sa matérialisation par un symbole holographique soient déclenchés par l'au moins un opérateur, ledit symbole holographique discret matérialisant l'intensité du rayonnement radioactif mesuré par le détecteur portable 3 au moment du déclenchement.

 Les modules d'enregistrement et de matérialisation 22, 24 sont configurés pour que le déclenchement soit par exemple effectué par un geste de la main de l'opérateur devant la ou une caméra 19.

25 En variante, les modules d'enregistrement et de matérialisation 22, 24 sont configurés pour que le déclenchement soit effectué en pressant un bouton, vocalement ou par tout autre moyens.

30 Selon une variante avantageuse, l'ensemble d'intervention est configuré pour que l'ajout d'un symbole holographique discret 7 dans le dispositif de réalité augmenté 5 soit déclenché quand l'intensité du rayonnement radioactif mesuré par le détecteur portable 3 est supérieure à une valeur prédéterminée.

 Ce déclenchement est automatique.

35 Selon une variante de réalisation, l'ensemble d'intervention est configuré pour que l'ajout d'un symbole soit déclenché quand l'intensité du rayonnement radioactif mesuré par le détecteur portable 3 est supérieure à une valeur absolue, indépendante de la

position de l'opérateur dans la zone radioactive. Cette valeur est par exemple enregistrée dans le détecteur 3.

5 Selon une autre variante,, une carte de la distribution spatiale de débit de dose dans toute la zone radioactive est enregistrée avant l'intervention, par exemple dans le même espace de stockage numérique que le modèle numérique.

10 Un module de déclenchement automatique 20 compare de manière continue la mesure de l'intensité du rayonnement radioactif fournie par le détecteur portable et la mesure consignée sur la carte à l'endroit où se trouve le détecteur 3. La mesure consignée correspond à la valeur prédéterminée mentionnée ci-dessus. Si la mesure fournie par le détecteur portable est supérieure à la mesure consignée, le module de déclenchement automatique 20 déclenche automatiquement la sous-étape d'enregistrement et la sous-étape de matérialisation. Le symbole holographique ajouté est

15 Le module de déclenchement automatique 20 est par exemple intégré dans le dispositif de réalité augmentée 5.

Typiquement, l'ensemble comprend un organe de mesure 3 associé à un module 18 de détermination des coordonnées spatiales du détecteur portable 3 pour chaque opérateur. Il comprend également un dispositif de réalité augmentée 5, associé à des modules d'enregistrement et de matérialisation 22, 24, pour chaque opérateur.

20 L'ensemble comprend encore un poste de supervision 11 placé à distance de la zone radioactive 1, par exemple dans une salle 13 où les conditions radiologiques permettent une présence permanente (figure 1). L'ensemble comprend également des moyens de communication 15 configurés pour permettre l'échange de données entre le ou chaque dispositif de réalité augmentée 5 et le poste de supervision 11.

25 Le poste de supervision 11 est équipé de manière à transmettre toutes sortes d'informations aux opérateurs. Notamment, le superviseur peut assister les opérateurs en partageant leur flux audio, vidéo (images provenant des caméras frontales 19), communiquer avec eux, envoyer dans le champ de vision des opérateurs un flux d'informations permettant de les assister dans leur activité (mode opératoire ou plan sous

30 format PNG, WORD ou PDF, flux vidéo issu d'une caméra externe, images, ainsi que le partage de l'écran superviseur complet, etc...). Il peut également réaliser à distance des contrôles règlementaires.

35 Les moyens de communication entre les dispositifs de réalité augmentée 5 et le poste de supervision 11 permettent également au superviseur de visualiser un ensemble de données transmises par les dispositifs de réalité augmentée 5:

- dosimétrie reçue par chaque opérateur, débit de dose ambiant de chaque opérateur et alarmes de seuils prédéfinies ;
- messages d'alertes liés à l'utilisation des détecteurs portables 3 ou des dispositifs de réalité augmentée 5 (notamment charge des batteries des appareils de chaque opérateur) ;
- qualité du réseau utilisé.

De préférence, l'ensemble comprend un module 30 d'enregistrement dans le modèle numérique d'au moins un des éléments suivants associé à des coordonnées spatiales correspondantes : zone de repli ALARA, risque conventionnel non nucléaire.

Dans ce cas, le module de matérialisation 24 comprend un sous-module 32 de matérialisation de l'au moins un élément dans le dispositif de réalité augmentée par un symbole holographique spécifique 21 apparaissant pour l'opérateur aux coordonnées spatiales correspondantes (voir figure 3).

Ledit module 30 d'enregistrement dans le modèle numérique est intégré dans le poste de supervision 11, ou est intégré dans chaque dispositif de réalité augmentée 5. Dans ce dernier cas il est configuré pour que l'opérateur se place à l'endroit où le symbole holographique spécifique 21 doit apparaître et effectue un geste devant la caméra 19 du dispositif de réalité augmentée 5. Le geste à faire est différent en fonction du risque à signaler. Le dispositif de réalité augmentée 5 détecte et interprète le geste, et enregistre l'élément correspondant dans le modèle numérique, avec les coordonnées spatiales correspondantes fournies par l'organe de géolocalisation 18.

Il est à noter que l'ensemble, en variante, comprend pour chaque opérateur un ou plusieurs autres détecteurs portables, par exemple un contaminamètre. Les modules d'enregistrement et de matérialisation sont configurés pour que les mesures effectuées par le ou chaque autre détecteur portable, et les coordonnées spatiales correspondantes du détecteur portable au moment de la mesure, soient enregistrées dans le modèle numérique. Les modules d'enregistrement et de matérialisation sont configurés pour que les mesures soient elles aussi matérialisées par des symboles holographiques dans le dispositif de réalité augmentée.

L'ensemble décrit ci-dessus est spécialement conçu pour la mise en œuvre du procédé de l'invention. Inversement, le procédé de l'invention est particulièrement bien adapté pour une mise en œuvre par l'ensemble qui vient d'être décrit.

L'invention a été décrite ci-dessus pour un mode de réalisation où le modèle numérique est obtenu pendant l'étape d'intervention, en utilisant des images provenant d'une ou plusieurs caméras portées par le ou les opérateurs. Selon un autre mode de

réalisation, le modèle numérique est obtenu avant l'étape d'intervention, par exemple lors d'une campagne de prise de vues préalable. Il est chargé dans le ou les dispositifs de réalité augmentée 5 avant l'intervention.

5 L'invention pourrait également être utilisée pour simuler une intervention. Dans ce cas, une application informatique mobile pourrait générer des mesures d'intensité de rayonnement radioactif, remplaçant celles du dosimètre. Ces mesures seraient traitées comme décrit ci-dessus. Notamment, l'enregistrement et la matérialisation des mesures par des symboles holographiques seraient déclenchés par l'opérateur, comme lors d'une intervention réelle. Il serait possible ainsi de reproduire des points chauds ou des risques
10 de sécurité classiques lors de sessions de formation.

REVENDICATIONS

1.- Procédé d'intervention d'au moins un opérateur dans une zone radioactive (1), le procédé comprenant les étapes suivantes :

5 - obtention d'un modèle numérique représentant la topographie en trois dimensions de la zone radioactive (1) ;

- intervention de l'au moins un opérateur dans la zone radioactive (1), l'étape d'intervention comprenant au moins les sous-étapes suivantes :

10 * de manière répétée, mesure d'une d'intensité du rayonnement radioactif par un détecteur portable (3), notamment le détecteur portable (3) porté par l'au moins un opérateur, et détermination des coordonnées spatiales du détecteur portable (3) au moment de la mesure ;

* enregistrement dans le modèle numérique d'une pluralité desdites mesures et des coordonnées spatiales correspondantes ;

15 * matérialisation des mesures enregistrées dans un dispositif de réalité augmentée (5) porté par l'au moins un opérateur, par une pluralité de symboles holographiques discrets (7), en utilisant le modèle numérique, chaque symbole holographique (7) indiquant l'intensité du rayonnement radioactif d'une des mesures enregistrées et étant placé de manière à apparaître de manière visible pour l'au moins un opérateur aux
20 coordonnées spatiales correspondantes.

2.- Procédé selon la revendication 1, dans lequel le dispositif de réalité augmentée (5) comprend au moins un casque (9) porté par l'au moins un opérateur, avec une surface d'affichage (10) translucide placée devant les yeux de l'au moins un opérateur, les symboles holographiques (7) étant affichés sur la surface d'affichage (10) de manière à
25 apparaître de manière visible pour l'au moins un opérateur aux coordonnées spatiales déterminées correspondantes.

3.- Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel l'étape d'obtention comprend une sous-étape d'enregistrement d'images de la zone radioactive (1) avec au moins une caméra (19), notamment l'au moins une caméra (19) portée par l'au moins un opérateur,
30 et une sous-étape de détermination du modèle numérique en utilisant les images enregistrées.

4.- Procédé selon la revendication 3, dans lequel l'étape d'obtention est effectuée simultanément avec l'étape d'intervention, le modèle numérique étant progressivement déterminé ou enrichi avec les images enregistrées pendant l'étape d'intervention.

- 5.- Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'enregistrement d'une des mesures et sa matérialisation sont déclenchés par l'au moins un opérateur, ledit symbole holographique discret (7) matérialisant l'intensité du rayonnement radioactif mesuré par le détecteur portable (3) au moment du déclenchement.
- 6.- Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'ajout d'un symbole holographique discret (7) dans le dispositif de réalité augmenté (5) est déclenché quand l'intensité du rayonnement radioactif mesuré par le détecteur portable (3) est supérieure à une valeur prédéterminée.
- 7.- Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel :
- le procédé comprend une étape d'enregistrement dans le modèle numérique d'au moins un des éléments suivants associé à des coordonnées spatiales correspondantes : zone de repli ALARA, risque conventionnel non nucléaire ;
 - l'étape d'intervention comprend une sous-étape de matérialisation de l'au moins un élément dans le dispositif de réalité augmentée (5) par un symbole holographique spécifique (21) apparaissant de manière visible pour l'opérateur aux coordonnées spatiales correspondantes.
- 8.- Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le modèle numérique est partagé par plusieurs opérateurs, chaque opérateur étant équipé d'un dispositif de réalité augmentée (5) matérialisant les mesures enregistrées par une pluralité de symboles holographiques discrets (7) en utilisant le modèle numérique, chaque symbole holographique (7) indiquant l'intensité du rayonnement radioactif d'une des mesures enregistrées et étant placé de manière à apparaître de manière visible pour ledit opérateur aux coordonnées spatiales correspondantes.
- 9.- Procédé selon la revendication 8, dans lequel les opérateurs interviennent tous dans la zone radioactive (1) pendant l'étape d'intervention, l'étape d'intervention comprenant au moins les sous-étapes suivantes :
- * de manière répétée, mesure d'une d'intensité du rayonnement radioactif par le détecteur portable (3) porté par chaque opérateur, et détermination des coordonnées spatiales du détecteur portable (3) au moment de la mesure ;
 - * enregistrement dans le modèle numérique commun d'une pluralité desdites mesures et des coordonnées spatiales correspondantes.
- 10.- Ensemble d'intervention pour au moins un opérateur dans une zone radioactive (1), l'ensemble comprenant :

- un modèle numérique représentant la topographie en trois dimensions de la zone radioactive (1) ;
- un détecteur portable (3) effectuant des mesures d'une intensité du rayonnement radioactif ;
- 5 - un module (18) de détermination des coordonnées spatiales du détecteur portable (3) au moment de chaque mesure ;
- un module (22) d'enregistrement dans le modèle numérique d'une pluralité desdites mesures et des coordonnées spatiales correspondantes ;
- un dispositif de réalité augmentée (5) porté par l'au moins un opérateur ;
- 10 - un module (24) de matérialisation des mesures enregistrées par une pluralité de symboles holographiques discrets (7) dans le dispositif de réalité augmentée (5), en utilisant le modèle numérique, configuré pour que chaque symbole holographique (7) indique l'intensité du rayonnement radioactif d'une des mesures enregistrées et soit placé de manière à apparaître de manière visible pour l'au moins un opérateur aux
- 15 coordonnées spatiales correspondantes.

1/2

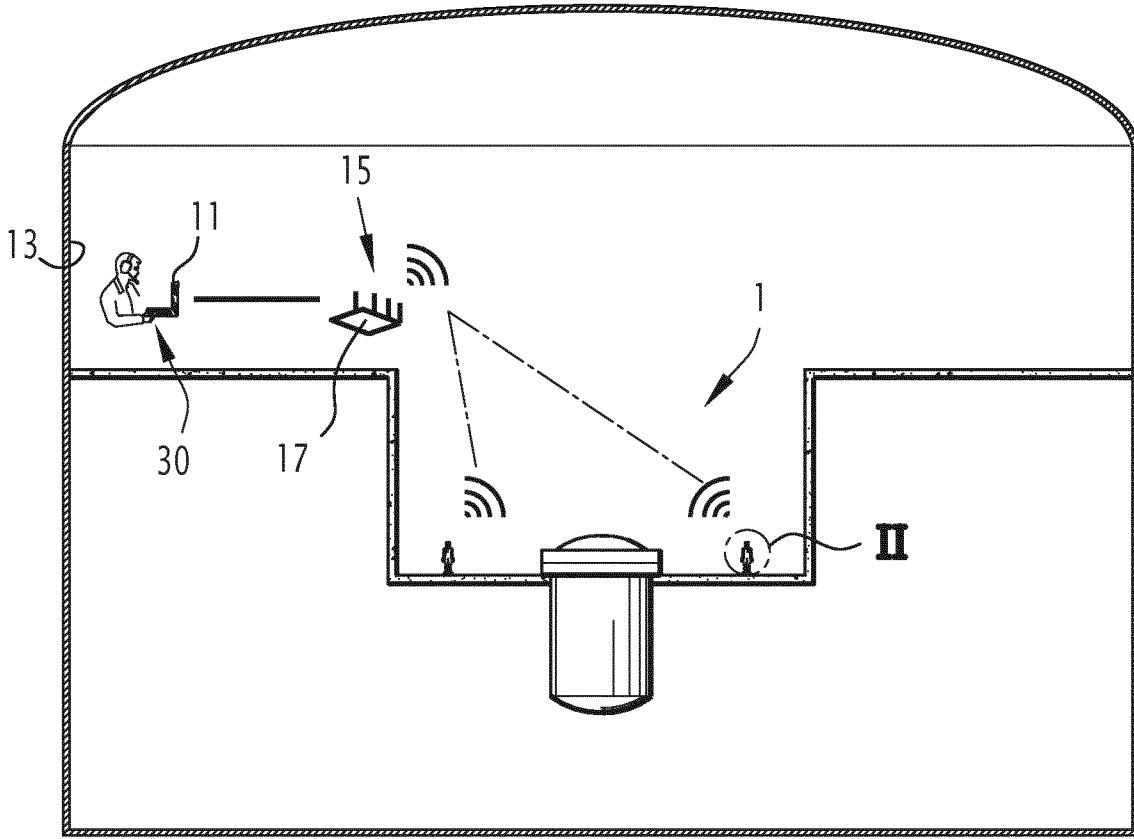


FIG. 1

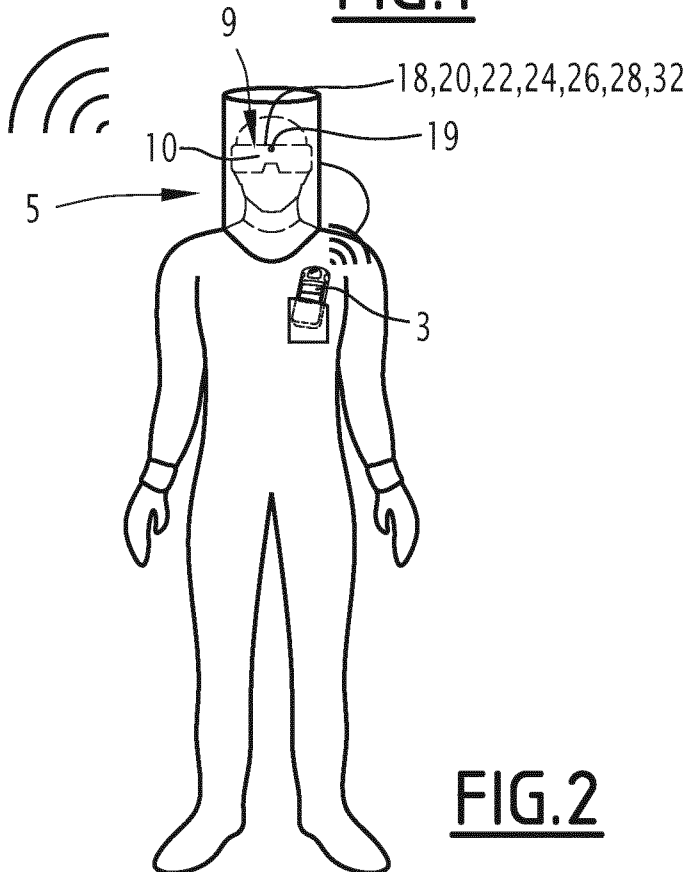


FIG. 2

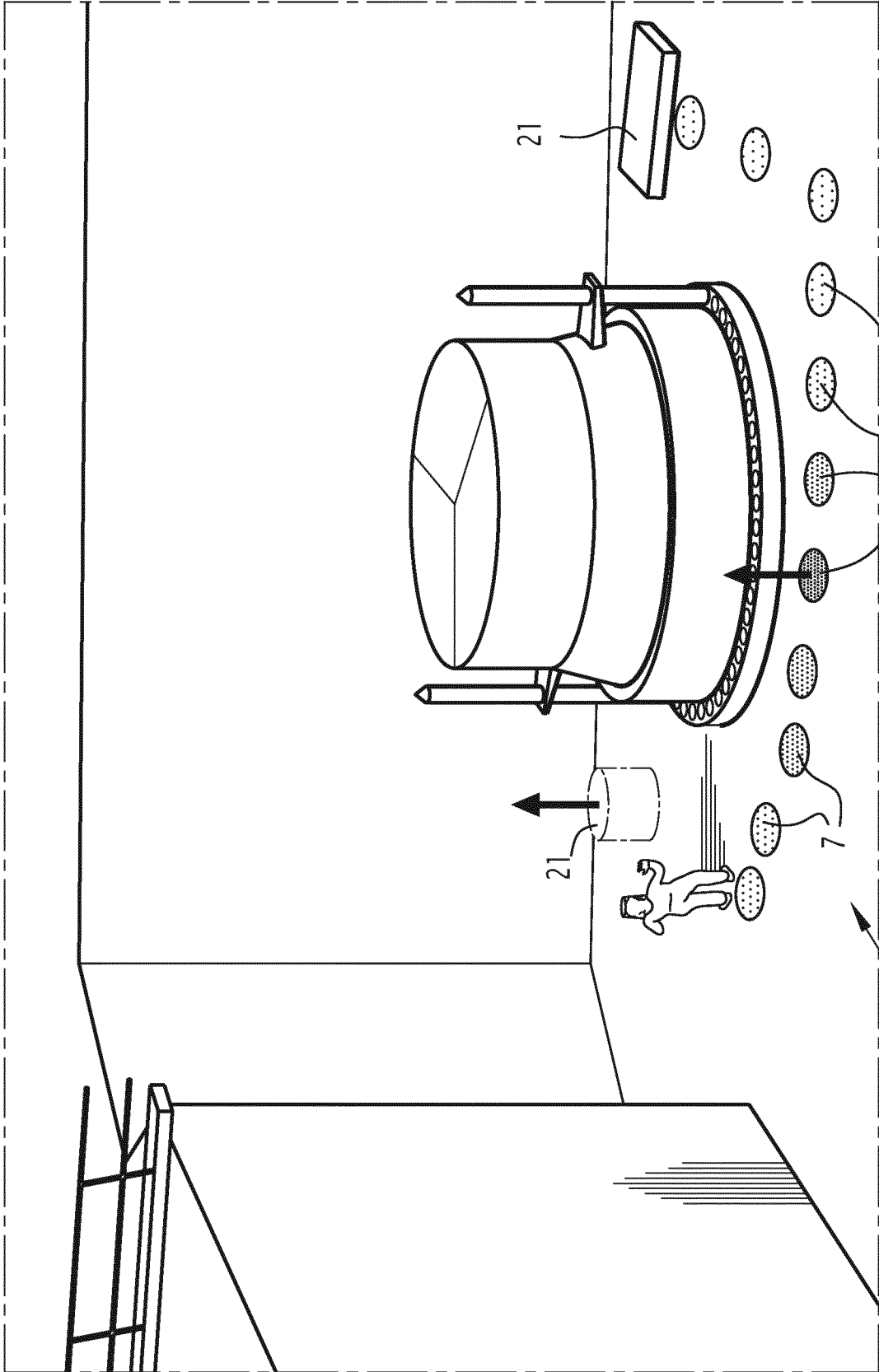


FIG.3

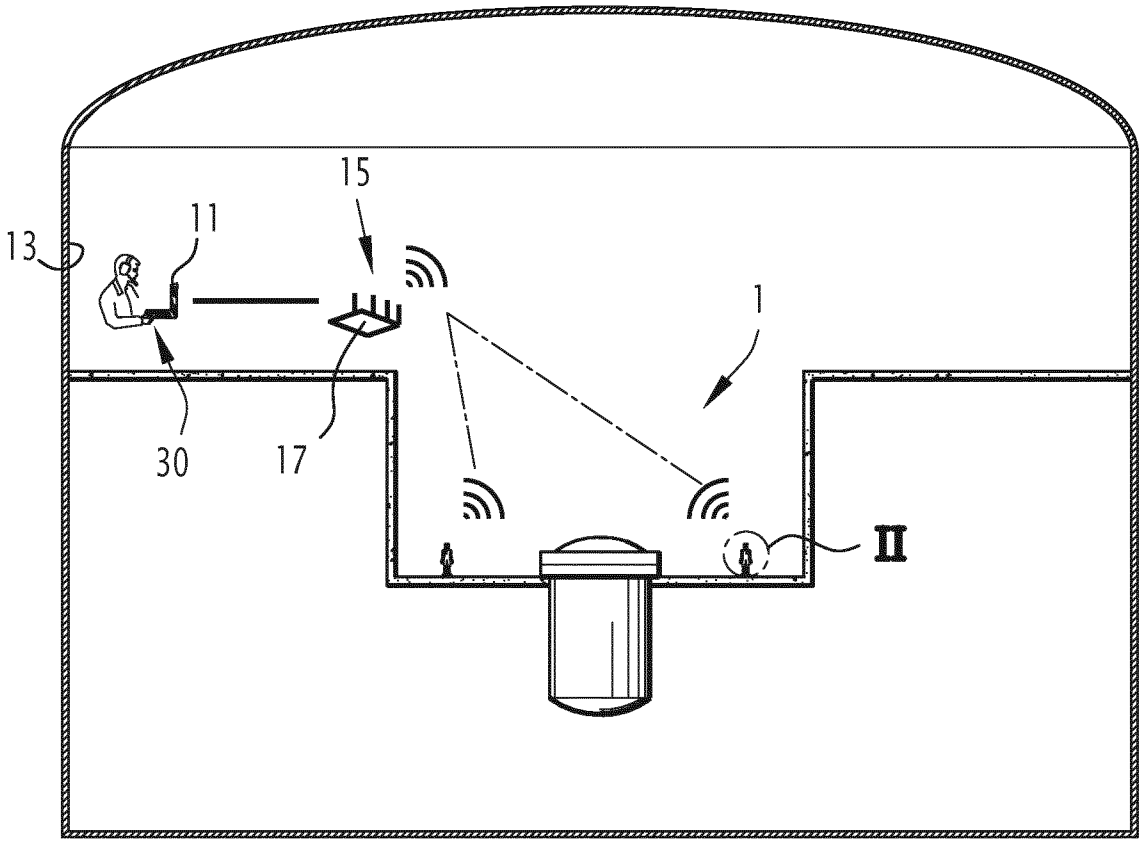


FIG. 1

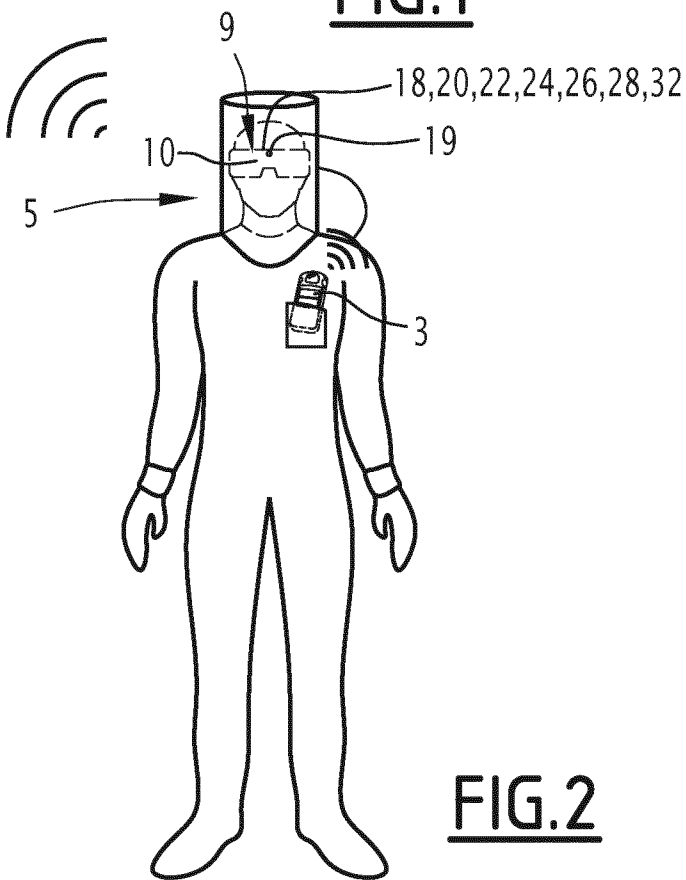


FIG. 2