

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 06.12.12.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 13.06.14 Bulletin 14/24.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : IGLESIAS BELARMINO — FR.

⑦2 Inventeur(s) : IGLESIAS BELARMINO.

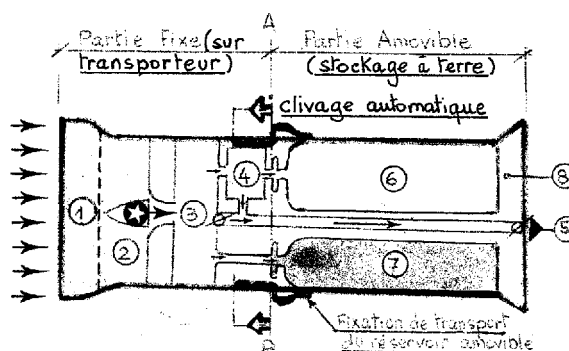
⑦3 Titulaire(s) : IGLESIAS BELARMINO.

⑦4 Mandataire(s) : IGLESIAS BELARMINO.

⑤4 DISPOSITIF DE LUTTE CONTRE LES NUAGES RADIOACTIFS PAR ASPIRATION.

⑤7 Dispositif d'aspiration d'un nuage nucléaire agencé
sous la forme d'un réservoir de collecte, du type
comportant :

- une bouche d'aspiration avec grille de protection de la turbine (gros détrit, déchets, agrégats...)
- une pompe d'aspiration, ou turbine
- un purgeur électronique
- un compresseur avec filtre pour l'air comprimé
- un circuit de purges avec clapets automatiques
- un réservoir air comprimé radioactif (capacité mini de 5000L et pression d'épreuve de 16 bars)
- un réservoir matrice pour conteneur cylindrique en acier spécial. Vitrification des déchets radioactifs (Usine de la Hague)
- une base du container (réservoir de collecte) pour entreposage vertical au sol.



DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION

5 Ce concept de lutte contre les nuages radioactifs issus d'accidents de centrales nucléaires, se base principalement sur l'utilisation de moyens aériens. Avions ou hélicoptères collecteurs sous forme de Drones ou de gros porteurs sécurisés (propulsion, radiations, chaleur..) équipés de réservoirs de grande ou moyenne capacité, servant de récepteurs pour confiner les particules radioactives du nuage nucléaire.

10 Accessoirement, ce concept pourrait être également utilisé, après certaines modifications des réservoirs récepteurs, pour aspirer un nuage volcanique, ou un nuage issu d'un incendie majeur. Ces deux derniers nuages (volcaniques et incendiaires), composés principalement de cendres non radioactives, ne présentant pas les mêmes nécessités de confinement, stockage et traitements.

Nous nous baserons donc, à examiner essentiellement ce concept, pour l'utilisation et l'aspiration d'un nuage nucléaire.

15 Ce nuage nucléaire, pouvant être teinté par l'envoi de particules colorants, afin de mieux le localiser, serait aspiré et compressé dans des réservoirs haute pression (en carbone par exemple) fixés à l'avion transporteur de telle façon qu'ils puissent être automatiquement déconnectés après leur remplissage et atterrissage, puis remplacés par d'autres réservoirs vides afin de redécoller pour une nouvelle rotation d'aspiration (collecte du nuage).

25 Il est évident que le nombre de ces avions ou hélicoptères collecteurs, et de leur mise en œuvre, dépendrait de l'importance du nuage radioactif, des exigences météorologiques, et autres aléas, (comme l'utilisation de moyens navals pour la récupération au dessus des mers et océans). Ces avions ou hélicoptères collecteurs, pourraient constituer une véritable flotte aérienne, à l'image des Canadairs actuels, pour le combat du feu.

30 Une fois déposés au sol ces réservoirs seraient stockés et sécurisés sur une zone de stockage prévue à cet effet. Ces zones de stockages devant être prévues dans le cadre des plans de secours et de lutte contre les risques majeurs de chaque centrale nucléaire.

Il va de soit, que ces zones prédéfinies seraient le plus possible éloignées des villes et agglomérations, dans un rayon suffisamment large, par sécurité envers les risques de la centrale (entre 30 et 50 km) et suffisamment près également, pour faciliter les rotations des avions collecteurs.

35 Lors des collectes du nuage radioactif au dessus des mers ou océans, et loin des côtes, un appui logistique sera rendu nécessaire, sous forme de moyens navals à mettre en œuvre (porte avions pour les avions ou hélicoptères collecteurs, et, gros transporteurs du genre tankers pour le stockage des réservoirs collectés en vol)

40 Cet ensemble de moyens aériens, navals, et terrestres, constitue le concept majeur du Brevet. A noter, que compte tenu des moyens en matériels existants (aériens et navals) qui sont immédiatement disponibles, le projet pourrait être mis en œuvre très rapidement, au niveau des Pays intéressés par un tel concept, et permettrait au JAPON par exemple de préserver les risques possibles et

prévisibles qui pourraient encore survenir. Pour d'autres Pays, l'idée de la création d'un tel dispositif, véritable force de lutte contre les accidents nucléaires atmosphériques, serait un atout majeur et rassurant pour les populations déjà inquiètes par la catastrophe du Japon et son cortège de conséquences plus ou moins néfastes (nuage radioactif ayant fait le tour de la planète)

ETAT DE LA TECHNIQUE ANTERIEURE: Dans le cadre de notre invention innovante, un projet adapté pourrait très rapidement voir le jour (adaptions du ou des réservoirs de collecte du nuage radioactif, avec système de fixation automatisée, pour un remplacement – réservoir plein / réservoir vide - rapide).

5 Il peut-être envisagé également le maintien aérien, d'un ensemble d'aspiration fixe (hélicoptère Drone) au dessus de la centrale, et du point de départ du nuage.

Ce système d'aspiration fixe (sous forme d'un grand entonnoir) aspirerait le nuage pour le ramener à terre via une gaine (conduite à la longueur variable d'éléments souples et raccordables entre eux) pour être fixée à des réservoirs de stockage à terre, de très
10 grande capacité.

EXPOSE DETAILLE POUR LA REALISATION DE L'INVENTION
ASPIRATION DU NUAGE PAR TURBINES :

L'aspiration est produite par une dépression générée par une pompe ou turbine.

5 La vitesse d'aspiration doit être suffisante pour effectuer le transport de particules radioactives, avec un débit suffisant respectant les normes.

Cette aspiration d'air pollué sera compressée dans des réservoirs de collecte.

Des colis pour piéger la radioactivité internes aux réservoirs de collecte :

10 Le confinement à long terme des atomes radioactifs contenus dans les colis est essentiellement assuré par la résistance des matrices à leurs deux principaux ennemis : l'eau et l'irradiation des rayonnements produits en leur sein. Les recherches ont permis d'établir des modèles de relâchement des radioéléments pour chaque matrice de confinement dans des situations variées.

15 Conditionner, c'est confiner la radioactivité et immobiliser les atomes radioactifs. Il faut immobiliser ces atomes jusqu'à ce qu'ils ne soient plus radioactifs, où si cela n'est pas possible jusqu'à ce qu'ils ne le soient presque plus. Ce conditionnement, sa capacité à résister aux agressions des rayonnements dépendent naturellement de l'activité du matériau à traiter.

20 Cette activité est la plus importante pour le combustible utilisé des centrales nucléaires. Durant le fonctionnement d'un réacteur, le confinement de la radioactivité est assuré par les gaines en zirconium, des tubes qui enrobent les pastilles de combustible. Après le déchargement des réservoirs de collecte, ce seront ces mêmes gaines qui devront assurer la première barrière de confinement. Pour renforcer cette barrière, il est prévu d'insérer les assemblages de combustible irradié dans des conteneurs spécialisés appelés étuis ou châteaux.

25 Dans le cas où l'on retraite le combustible irradié, le confinement porte sur le résidu de matières très radioactives considérées comme des déchets. On incorpore le résidu radioactif dans un matériau, appelé « matrice », choisi pour sa résistance aux dommages causés par l'irradiation. Ces matrices doivent pouvoir incorporer une quantité suffisante d'atomes radioactifs. Il leur est demandé de résister à la dissolution dans l'eau durant des milliers d'années.

30

Actuellement, on utilise à l'usine de la Hague comme matrice des verres spéciaux pour les déchets de haute activité. Le verre est un matériau amorphe dont la structure extrêmement flexible encaisse l'effet des rayonnements.

35 Le verre est une matrice de conditionnement performante pour accueillir toute la diversité des produits de fission.

Dans le cadre des recherches sur les déchets, on a mis au point certaines céramiques, plus coûteuses, qui auraient des performances de durabilité encore plus élevées.

Ces céramiques - des composés minéraux élaborés à haute température - auraient la propriété de pouvoir incorporer dans leur structure cristalline des atomes ayant une bonne compatibilité chimique. Des atomes radioactifs à vie longue pourraient être ainsi parfaitement immobilisés dans ces structures qui constitueraient alors des matrices sur mesure.

On se protégerait ainsi sur des durées très longues d'éléments comme l'iode-129 et le césium-135 naturellement assez mobiles qui s'avèreraient difficiles à détruire par transmutation.

L'ensemble de la bouche d'aspiration, turbine et compresseur sera fixe et adaptée à l'avion ou hélicoptère collecteur.

Le ou les réservoirs collecteurs reliés à cet ensemble seront fixés par clivage automatique, de façon à pouvoir être déposés et remplacés rapidement, avec une manutention minimum et protégée des radiations que subiront forcément les moyens aériens de collecte.

Compresseurs d'air à spirale

Les compresseurs d'air à spirale fonctionnent par rotation d'une spirale mobile sur une spirale fixe. L'air pénétrant dans le moteur est comprimé par le mouvement de la spirale mobile et envoyé vers les réservoirs collecteurs.

Traitement de l'air pollué, et Systèmes de purge

Nous proposons d'adapter, un système de purge des condensats, à tous les types de compresseur, qu'ils soient lubrifiés, à spirales ou à pistons

Systèmes de purge pour compresseur

Il existe des purgeurs électroniques de condensats, qui assurent une gestion des condensats sûre, fiable et économique.

La fonction d'évacuation intelligente surveille l'accumulation de condensats à l'aide de capteurs de niveau de liquide et n'évacue les condensats qu'en cas de nécessité, ce qui évite les gaspillages d'air comprimé et économise considérablement l'énergie.

Extrêmement sûrs et fiables, ces dispositifs d'évacuation permettent de résoudre tous les problèmes d'évacuation des condensats, y compris dans les systèmes les plus contaminés.

La gamme d'évacuations des condensats, comprend de nombreux modèles adaptés à l'évacuation des condensats contaminés par l'huile et peuvent même être équipés d'un revêtement dur supplémentaire pour les condensats exempts d'huile qui sont plus agressifs.

Les compresseurs à pistons sans caisson insonorisant comprennent une vanne manuelle de vidange (ou purge) permettant de purger le réservoir d'air des condensats s'y accumulant.

Un système de purge automatique peut être envisagé en option.

Le produit de la purge étant récupéré par un compartiment du réservoir de collecte.

La purge automatique consiste en une électrovanne et une minuterie qui permettent une évacuation des condensats à intervalles réguliers et à chaque arrêt du compresseur.

En complément de ce dispositif de purge automatique, il existe un fabricant qui propose un flacon de récupération des condensats qui s'installe directement sur le compresseur et auquel est connecté le tuyau d'évacuation de la purge automatique. Les tuyaux de purge automatique des filtres peuvent eux aussi être connectés à ce flacon de récupération.

Pour une application sur les avions collecteurs, on pourrait utiliser des réservoirs haute pression en carbone, constitués d'un enroulement filamentaire en fibre de carbone sur un liner thermoplastique. La pression d'utilisation standard est de 300b, avec un test d'épreuve à 450b, et des tests de rupture à des pressions supérieures à 700b. Ces réservoirs ne présentent aucun danger en cas de crash car ils ne fragmentent pas. Leur technologie est déjà massivement utilisée sur les véhicules fonctionnant au gaz naturel.

Pour mémoire :

Dans le cas d'une aspiration destinée à transporter des particules, la vitesse de transport est calculée en relation avec la vitesse de sédimentation. On cherchera à obtenir une vitesse maximum dans les conduits et la limite sera imposée par la dépression générée par la turbine.

La vitesse de sédimentation est la vitesse minimale qu'un flot doit avoir pour transporter, plutôt que déposer, des sédiments, et est donné par la loi de Stokes:

$$w = \frac{(\rho_p - \rho_f)gr^2}{4.5\mu}$$

Où w est la vitesse de sédimentation, ρ est la densité (les indices p et f indiquent particule et fluide respectivement), g est l'accélération due à la gravité, r est le radius de la particule et μ est la viscosité dynamique du fluide.

Une alerte de vitesse minimal de sédimentation peut ainsi être réglée dans l'interface de dimensionnements des conduits pour détecter les diamètres maximum à ne pas dépasser dans un projet de réseau de fluide chargé.

Le transport des particules comme l'aspiration de résidus, poussières, et autres matières, doivent être dimensionnés en fonction de cette vitesse de sédimentation pour éviter les dépôts.

Mieux Comprendre pour mieux interpréter les effets d'un NUAGE RADIOACTIF

Suivant notre exposition aux radiations nucléaires venant d'un nuage radioactif, nous encourrons des risques pour notre santé, pouvant aller de nausées à des pertes d'appétit, des diarrhées, des problèmes d'infection, des problèmes de peau, voire même de moelle épinière ou de glande, etc. Les récents événements du Japon font que des émanations radioactives sont couramment rejetées dans l'atmosphère et arrivent régulièrement jusqu'à nous. Elles ne sont pas sans danger.

Mais quelle est l'influence sur l'environnement et sur nous que même les gouvernements mettent à la disposition du public leurs résultats de surveillance de la radioactivité, comme dans le contexte de la catastrophe du Japon ?

Catastrophe au Japon : Des émanations radioactives s'échappent de Fukushima, le nuage arrive en France....

De nouveaux panaches de fumée se sont échappés des réacteurs de la centrale nucléaire de Fukushima.

Tout savoir sur le nuage radioactif de Fukushima

Le nuage chargé en particules nucléaires peut-il, comme celui de Tchernobyl, toucher la France. Et serait-il dangereux ?

Les Français ne sont pas les seuls à être inquiets de l'arrivée éventuelle, au dessus de leur territoire, du nuage radioactif de la centrale japonaise de Fukushima. Ce sont, en effet, tous les habitants de la planète qui scrutent, jour après jour, avec leurs spécialistes du nucléaire, la progression, dans l'atmosphère, des particules contaminées.

Pour l'instant, chacun observe avec un mélange d'angoisse et de compassion, les efforts désespérés des techniciens japonais qui tentent, jour et nuit, et coûte que coûte, de refroidir les combustibles avec de l'eau de mer. Mais tandis que se poursuit ce combat titanesque pour éviter «le pire des scénarios»

, chacun ne peut s'empêcher de se souvenir de la catastrophe de Tchernobyl. Et de son nuage qui avait parcouru l'Europe jusqu'à la France. Dès lors, des questions de toutes natures s'accumulent et méritent des réponses. En voici dix.

Comment le nuage se déplace-t-il?

Le nuage radioactif se déplace en fonction de son altitude et des vents.

Plus il est haut et plus il a des chances de faire le tour de la Terre. Les spécialistes estiment que les rejets sont montés à 3000 mètres de hauteur avant de se stabiliser à 2000 mètres mais que ce sont les vents qui déplaceront le nuage plus ou moins loin: «La hauteur du nuage a été plafonnée à 2000 mètres, il peut donc être entraîné par des vents de basse couche»,

«Après avoir été rejetées dans l'atmosphère, les particules sont transportées au gré des vents et se dispersent dans de grandes quantités d'air,

La vitesse de leur circulation dépend de l'altitude à laquelle elles ont été projetées et de leur température à la sortie du réacteur.

la journée de jeudi 17 n'est «pas inquiétante» car «les vents de nord-ouest font le ménage vers l'océan pacifique» mais annonce une situation plus problématique pour vendredi et samedi avec la présence d'anticyclones et de brouillard. «Toutes les 6 heures en tout cas, les différentes trajectoires des vents sont actualisées et l'évolution du nuage radioactif est suivie de très près»,

Qu'est-ce qui compose ce nuage?

Le nuage, composé de gaz rares et de poussières métalliques extrêmement fines et non visibles à l'œil nu, transporterait principalement de l'iode et du césium 137: 1400 fois moins actif que l'iode radioactif, le césium 137 disparaît lentement,

«La composition précise du nuage en particules radioactives sera aussi déterminante (pour son devenir): la quantité d'iode se divise par deux tous les huit jours, tandis que la période est de l'ordre de trente ans pour le césium».

Le nuage radioactif présente-t-il un danger pour la santé en France ?

C'est une question que de nombreuses personnes se posent en ce moment... J'en connais même qui sortent le moins possible de chez eux depuis le milieu de semaine et l'arrivée supposée du panache radioactif en provenance de Fukushima. Mais ne vous attendez pas à voir un nuage suspect dans le ciel...

Après Tchernobyl, certains se méfient de la communication qui est faite autour de la catastrophe nucléaire de Fukushima. Inutile cependant pour un particulier d'investir dans un compteur Geiger (prix conséquent à partir de 228 € environ) qui ne détecte pas des taux de faible radioactivité et dont les résultats sont difficiles à interpréter par le profane.

Il faut dire qu'il y a de quoi être sceptique. On a l'impression que quelle que soit l'étendue de la radioactivité, les autorités se voudront toujours rassurantes, sous caution scientifique. Le climat de suspicion a été renforcé par les révélations de la CRIIRAD (Commission de Recherche et d'Information Indépendantes sur la Radioactivité) qui dénonce la dissimulation de résultats d'analyses de radioactivité de l'air et la sous-évaluation probable de ceux rendus publics.

(http://www.criirad.org/actualites/dossier2011/japon_bis/sommaire.html)

Une chose est sûre, le panache radioactif a bien commencé à passer au-dessus de la France depuis jeudi 24 mars. L'IRSN (Institut français de radioprotection et de sûreté nucléaire) a détecté des traces d'iode 131 (0,012 mBq/m³ en moyenne) dans l'air prélevé au sommet du Puy de Dôme. La CRIIRAD pense que ce niveau de radioactivité est très probablement sous-évalué car l'air aurait été échantillonné à partir d'un filtre à aérosols qui ne permet pas de piéger l'iode gazeux qui pourrait constituer la part majoritaire de l'iode radioactif présent dans les masses d'air contaminées.

Peut-on se promener en bord de mer sur les côtes françaises sans risque ce week-end ? C'est la question très sérieuse que se sont posés les organisateurs des Initiatives Océanes : sur la page du site dédié à cet événement, Surfrider

Foundation écrit que l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire indique que les concentrations seront sans conséquence sur l'environnement et la santé et qu'il n'y a donc aucun danger pour l'organisation et la participation aux Initiatives Océanes.

5 L'océan Atlantique étant probablement épargné pour le moment par la pollution radioactive marine (contrairement à l'Océan Pacifique), on pourrait penser que l'air marin est encore pur et que sa teneur naturelle en iode pourrait « protéger » notre thyroïde des particules d'iode radioactive. Celles-ci sont de toute façon moins concentrées qu'au Japon car la demi-vie de l'iode 131 est courte (8 jours), c'est-à-dire qu'il faut huit jours pour que l'iode 131 perde la moitié de son activité (et il a fallu 13 jours pour que le panache radioactif fasse le trajet du Japon à la France).

La radioactivité détectée en France est-elle sans danger pour la santé ?

15 Même si les concentrations annoncées sont très faibles, il est toujours difficile de connaître la dose minimale toxique et d'affirmer à partir de quelle concentration on ne risque vraiment rien pour sa santé. Cette pollution radioactive vient se rajouter à toutes celles que nous subissons déjà au quotidien : la pollution de l'air urbain et de l'air intérieur, l'inhalation active ou passive des produits toxiques du tabac, la pollution chimique omniprésente dans l'eau, dans l'air et les aliments... Sans oublier que nous sommes soumis à une radioactivité naturelle et qu'en ce magnifique week-end de printemps, nous ferions mieux de nous méfier avant tout de la plus énorme centrale thermonucléaire : le soleil, dont les radiations UV menacent directement notre peau.

25 Bref, dans un environnement déjà fortement pollué, cette micropollution surajoutée pourrait presque passer inaperçue. Mais au lieu de prendre les pollutions individuellement en déclarant pour chacune d'elles que les taux sont dans les normes et qu'il n'y a donc pas de risque pour la santé, les autorités sanitaires feraient mieux de considérer « l'effet cocktail » de ces pollutions qui doit bien avoir un impact négatif sur notre santé.

Il y a une autre question que l'on occulte : celle de l'accumulation de cette pollution radioactive dans le temps.

30 La centrale nucléaire de Fukushima n'a pas fini de cracher son poison et on ne sait pendant combien de temps encore la pollution radioactive va se répandre et s'accumuler dans l'environnement.

Plus cela durera, plus le risque augmentera. La pluie pourrait également précipiter des éléments radioactifs au sol.

35 Pour les autorités sanitaires françaises, comme il ne semble y avoir aucun danger pour le moment, il n'y a pas lieu de prendre de l'iode ou des compléments alimentaires en contenant.

La prise d'iode stable avant ou pendant le passage du panache est inutile et déconseillée, car source d'effets indésirables.

40 N'oublions pas que ce sont les Japonais qui sont en première ligne face à cette catastrophe et qui en subiront les conséquences sanitaires les plus lourdes.

Il est tout de même hallucinant de constater qu'un accident nucléaire à l'autre bout du monde, a le potentiel pour contaminer la planète entière en quelques jours...

Expositions externes

Une exposition transitoire, principalement gamma

- 5 La plupart des expositions à la radioactivité sont externes c'est-à-dire que la source de rayonnements est extérieure à l'objet ou l'organisme irradié.

C'est le cas pour la radioactivité naturelle, le rayonnement cosmique et le rayonnement en provenance des roches.

- 10 C'est le cas aussi des expositions médicales, essentiellement des radiographies par rayons X, et de la plupart des expositions accidentelles.

Quand elle est naturelle ou accidentelle, l'irradiation externe est le plus souvent globale : elle ne vise pas un organe ou un tissu particulier comme c'est le cas d'une irradiation interne où un élément radioactif pourra se fixer de façon préférentielle sur des organes cibles tels que les os ou la thyroïde par exemple.

- 15 L'irradiation externe peut toutefois être ciblée quand elle est intentionnelle.

C'est le cas des radiographies médicales ou industrielles et des thérapies quand les rayons visent une tumeur cancéreuse.

LA PROGRESSION DES MASSES D'AIR CONTAMINE VERS L'AMERIQUE ET L'EUROPE

ALERTE RADIOACTIVE SUR LE JAPON : les vents repoussent les masses d'air contaminé vers les zones habitées

- 25 Un champignon, souvent associé à une explosion nucléaire, est un caractère distinctif pyrocumulus champignons en forme de nuages de condensation de vapeur d'eau et de débris résultant d'une très grande explosion.

L'intérieur d'un champignon atomique: l'air refroidisseur est aspiré dans la montée toroïdale boule de feu, qui se refroidit dans l'apparition d'un nuage familial.

Après la détonation immédiate, la boule de feu elle-même commence à s'élever dans l'air, agissant sur le même principe que l'air en montgolfière.

- 30 Une façon d'analyser le mouvement, une fois que le gaz chaud a déblayé le terrain suffisamment, comme une «bulle calotte sphérique», ce qui donne un accord entre le taux de montée et de diamètre observé.

- 35 Alors, l'air est aspiré vers le haut (semblable à l' ascendant d'une cheminée), produisant de forts courants d'air connus sous le nom " afterwinds ", tandis qu'à l'intérieur de la tête du nuage des gaz chauds tournent sous une forme toroïdale.

Quand la détonation est assez faible, ces afterwinds se dessinent dans la saleté et les débris du sol pour former la tige du champignon atomique.

Quant la masse des gaz chauds est atteinte, (niveau d'équilibre), le nuage commence à se propager sous la forme de champignon caractéristique.

5 La forme du nuage est influencée par les conditions atmosphériques et la configuration des vents. La répartition des retombées est essentiellement un vent du panache. Toutefois, si le nuage atteint la tropopause, il peut s'étendre, même contre la direction du vent, comme la vitesse de convection est plus élevée que le vent ambiant. La forme de nuages dans la tropopause est approximativement circulaire et étalé.

15 La couleur initiale de certains nuages radioactifs peuvent être de couleur rouge ou brun rougeâtre, en raison de la présence de dioxyde d'azote et d'acide nitrique, formés à partir de l'azote, l'oxygène, et l'humidité atmosphérique; l'ozone est également formé. On estime que chaque mégatonne de rendement produit environ 5000 tonnes d'oxydes d'azote.

La teinte rougeâtre est ensuite recouverte par la couleur blanche de la vapeur d'eau, la condensation dans l'air à débit rapide que la boule de feu se refroidit, et la couleur foncée de la fumée et les débris aspirés dans le courant ascendant. L'ozone donne le souffle de sa caractéristique la décharge corona comme l'odeur.

20 Les gouttelettes de vapeur d'eau condensée, vont progressivement s'évaporer, conduisant à une disparition apparente du nuage. Les particules radioactives toutefois rester en suspension dans l'air, et le nuage maintenant invisible continue avec son dépôt de retombées sur sa trajectoire.

25 Le nuage contient trois grandes catégories de matériel : les restes des produits de fission, le matériel acquis à partir du sol, et la vapeur d'eau. La plupart des radiations sont créés par les produits de fission. Le degré de la production de retombées radioactives est donc mesuré en kilotonnes de la fission. Initialement, la boule de feu contient un plasma fortement ionisé composé d'atomes, des produits de fission et des gaz atmosphériques. Comme le plasma se refroidit, les atomes réagissent pour former de fines gouttelettes et particules.

30 Les particules fusionnent pour les plus grands, et se déposent sur la surface d'autres particules. Les plus grosses particules sont généralement issues de matériel aspiré dans le nuage

35 La concentration des produits de condensation est le même pour les petites particules et pour le dépôt de couches de surface des particules plus grosses. Environ 100 kg de petites particules par kilotonne de rendement sont formés.

40 Une détonation à basse altitude produit un nuage de poussière avec un chargement de 100 tonnes par mégatonne du rendement. Une détonation au sol produit des nuages avec environ trois fois plus de poussière. Environ 200 tonnes par kilotonne pour une détonation au sol, en contact avec la radioactivité.

Les tailles de particules submicroniques vont de la taille du micron au millimètre et au-dessus (éjecta du cratère). La taille des particules ainsi que l'altitude, détermine la

durée de leur séjour dans l'atmosphère, et les plus grosses particules sont soumises à des précipitations sèches. Les plus petites particules peuvent aussi être piégés par des précipitations, soit de la condensation de l'humidité dans le nuage lui-même ou par la réunion de champignons avec un nuage de pluie; les retombées réalisées par la pluie est connu sous le nom *rainout*.

Les particules des pics de l'air sont plus petites que 10-25 micromètres, généralement dans la gamme submicroniques. Ils sont composés principalement d'oxydes de fer, avec en plus petite proportion de l'oxyde d'aluminium et d'uranium et oxydes de plutonium. Les particules de plus de 2.1 micromètres sont très sphériques.

La radioactivité est uniformément répartie dans le volume des particules

Deux types de particules sont présents; sphérique, formé par vaporisation-condensation complète ou tout au moins de fusion des particules du sol, avec une activité répartie uniformément dans le volume (ou avec un volume de 10-30% des inactifs de base pour les plus grosses particules de 0,5 à 2 entre mm), et des particules de forme irrégulière formé sur les bords de la boule de feu par la fusion des particules de sol, avec une activité déposée dans une mince couche superficielle.

Les particules les plus radioactifs sont déposées par les retombées dans les premières minutes et pendant quelques heures. Les petites particules sont transportées à des altitudes plus élevées et descendent plus lentement. Les plus petites particules peuvent atteindre la stratosphère et y rester pendant des semaines, des mois, voire des années et atteindre tout l'hémisphère par les courants atmosphériques. Le haut risque, à court terme, sont les retombées localisées et déposées principalement en aval du site de l'explosion, dans une zone en forme de cigare.

La condensation de gouttelettes d'eau dans le nuage du champignon dépend de la quantité de noyaux de condensation. Le trop grand nombre de noyaux de condensation inhibe effectivement la condensation, de la vapeur d'eau.

Le risque d'irradiation primaire des retombées est un rayonnement gamma de radio-isotopes de courte durée, ce qui présente l'essentiel de l'activité.

Le rayonnement des sources les plus significatives sont les produits de fission de l'étape de fission primaire. La radioactivité des particules diminue avec le temps, avec différents isotopes à différentes plages horaires.

Les particules radioactives peuvent être transportées sur des distances considérables, au gré des vents. Notre invention propose d'en récupérer un maximum, et de stocker ces particules dans des réservoirs amovibles de confinement sélectif, avant que leur périple atmosphérique ne s'étende sur toute la Planète. Leur récupération permettra de les stocker en lieu sûr, en attente de leur neutralisation.

Le bouclier de l'atmosphère

Les couches d'air de l'atmosphère offrent une protection contre les rayonnements cosmiques qui diminue avec l'altitude et dépend de la route suivie. Pour les avions commerciaux qui volent à 10 km d'altitude, la dose reçue varie de 0,005 mSv à 0,007 mSv selon que la route suivie par l'avion ne passe pas ou passe par les pôles.

A 18 km d'altitude la dose est environ doublée. Pour un astronaute habitant une station spatiale à 400 km d'altitude, le débit de dose atteint 0,040 mSv par heure, si bien que deux jours et demi en orbite suffisent pour qu'il soit exposé à la dose annuelle de radioactivité naturelle au sol (2,4 mSv) (Source L. de Saint-Georges).

5 Pour mémoire, et une meilleure « compréhension tout public ».

10 Le plus court chemin reliant New York à Hong Kong passe par le pôle Nord. En mars 2001, deux compagnies aériennes américaines ont inauguré une route transpolaire reliant ces deux villes. Une compagnie chinoise devait suivre. Les équipages et les passagers empruntant ces routes polaires étant exposés à un supplément de radiations, la presse américaine s'est fait l'écho d'inquiétudes exprimées par des scientifiques et des syndicats de pilotes, de stewards et d'hôtes de l'air.

15 L'importance des pôles tient à ce que la Terre est un gros aimant. Le champ magnétique qui l'entoure dévie une partie des rayons cosmiques qui la bombardent. Ce bouclier magnétique s'ajoute aux couches de l'atmosphère pour protéger des radiations sauf aux deux défauts de sa cuirasse : les pôles Nord et Sud. Le voyageur qui emprunte une route polaire pour aller de New York à Hong Kong reçoit pour cette raison une dose de 0,100 millisievert (mSv), trois fois plus importante que la dose d'un passager d'un vol Los Angeles Tokyo qui n'est qu'un peu plus court.

20 Les rayonnements proviennent principalement du Soleil situé dans la banlieue cosmique de la Terre. Les doses reçues dépendent donc de l'activité solaire qui suit un cycle de 11 ans. Le Soleil connaît des périodes d'éruption, qui comme les tremblements de terre sont classées selon leur magnitude. Il faut éviter de survoler le pôle pendant des tempêtes de fortes magnitudes. Un avion qui aurait emprunté une telle route le jour de la plus forte éruption récemment enregistrée aurait exposé ses passagers à dix fois les 0,100 mSv d'un vol ordinaire.

25 Les compagnies aériennes qui opèrent ces routes, auxquelles il est reproché de ne pas informer leurs passagers des suppléments de doses, prennent des précautions et changent leur route en cas de tempête solaire.
30 Le Centre Spatial Américain (www.sec.noaa.gov) suit en permanence l'activité du Soleil. Il fournit un résumé de la semaine à venir, prédit l'activité des prochaines 24 heures et envoie des bulletins d'alerte en cas de forte éruption.

35 N'importe quel voyageur a même gratuitement accès, grâce à Internet, à un programme lui permettant de calculer les millisieverts reçus d'un aéroport à un autre. Le calcul ne prend pas en compte les éruptions solaires dont l'influence peut être négligée en dehors des routes polaires.

Sievert : unité de dose biologique

40 Le sievert ou Sv est l'unité utilisée pour mesurer les doses biologiques les plus significatives pour un être vivant : dose efficace, dose équivalente, dose engagée Le sievert constituant une unité est assez grande, on exprime généralement les doses en millième de sievert (millisievert ou mSv).

En Europe, la dose efficace annuelle à laquelle la population est exposée est en moyenne de 4 mSv par personne. Le sievert a remplacé une ancienne unité, le rem : 1 Sv = 100 rem).

Radioactivité et applications diverses

En raison des craintes qu'elle inspire, la radioactivité est considérée dans notre inconscient collectif comme hostile à l'environnement. Pourtant, bien maîtrisée, elle contribue à l'améliorer grâce à de précieux contrôles.

5 Un exemple est la surveillance de la qualité de l'air et la teneur en poussières des rejets d'usines. Pour mesurer le degré d'empoussièrement résultant de ces rejets, l'air est filtré en permanence sur un ruban défilant entre une source radioactive et un détecteur. L'intensité du rayonnement reçu par le détecteur est fonction du taux d'empoussièrement du filtre, ce qui permet de déterminer ce taux et de prendre les
10 mesures nécessaires si le degré d'empoussièrement est trop fort.

Des jauges radioactives jouent un rôle de chien de garde similaire dans l'industrie du charbon qui reste à l'origine de plus de la moitié de la production mondiale d'électricité. Certaines jauges émettrices de neutrons (généralement à l'américium-241 et au béryllium) mesurent et contrôlent l'humidité présente dans le charbon et le
15 coke. D'autres, qui émettent des rayons gamma sont utilisées pour s'assurer de la composition des cendres et des gaz de combustion qui sortent des cheminées. Il est important de limiter la quantité de sulfures et nitrure présents dans ces gaz et ces cendres, en raison du rôle négatif joué par ses contaminants dans les pluies acides.

Les sources radioactives interviennent comme outils de diagnostics lors des opérations de raffinage qui constituent une part importante de l'industrie pétrolière. Comme il est difficile d'introduire et d'entretenir des sondes à l'intérieur des tours de distillations en raison des conditions extrêmes qui y règnent, des sondes gamma peuvent être installées à l'extérieur des tours et déplacées verticalement pour suivre à l'intérieur les niveaux de liquides, enregistrer la composition des ingrédients à
20 diverses hauteurs et détecter les défauts de fonctionnement.

Le plutonium est le plus radiotoxique dans le combustible utilisé

Pour certains, le plutonium est un élément hautement radiotoxique et dangereux dont le seul devenir envisageable est le stockage sous forme de déchet.

30 Pour d'autres, c'est un élément capable de fournir un surplus d'énergie (l'équivalent de 1 à 2 tonnes de pétrole par gramme) et qui doit donc être exploité au maximum.

Expositions accidentelles

Risques et sources d'expositions en cas d'accident grave

Les principales sources d'exposition lors d'un rejet majeur de matière radioactive sont l'irradiation par le nuage, l'inhalation de radioactivité, la contamination de la peau et des vêtements, les dépôts de radioactivité au sol et l'ingestion à long terme de nourriture et d'eau contaminées.
35

Quelles sont les caractéristiques de ces sources ?

L'irradiation par le nuage radioactif est une irradiation externe généralement à distance dues aux rayons gamma. Lorsque les matières radioactives sont rejetées à

la suite d'une explosion, le nuage formé à partir du panache initial est emporté par les vents.

5 Elle est dangereuse dans les premiers temps en raison de la prédominance d'éléments très radioactifs, après quoi la décroissance dans le temps et la dilution dans l'atmosphère diminuent son importance. À Tchernobyl, peu après l'explosion, le xénon-133 était l'élément le plus actif, suivi de l'iode-131. Le xénon est un gaz rare. Il n'est pas assimilable par les organismes vivants, mais se disperse rapidement.

10 Bien que l'air offre une mauvaise protection, l'irradiation par le nuage est atténuée par la distance. Dans le cas de gamma caractéristiques de 1 MeV d'énergie, le nombre de gamma non arrêtés par l'air est divisé par 1000 tous les 900 mètres.

L'inhalation de radioactivité peut être potentiellement plus dangereuse.

Elle est due d'abord à des aérosols radioactifs en provenance du nuage lors de son passage, puis plus tard à des poussières remises en suspension.

15 La contamination de la peau et des vêtements intervient surtout lors des premières interventions et concerne les personnes séjournant sur des sites très contaminés. Comme l'inhalation de radioactivité, elle survient durant le passage du nuage et, plus tard, par la remise en suspension de poussières radioactives ou la manipulation de matières contaminées.

20 Les dépôts d'isotopes radioactifs au sol sont la source d'une irradiation gamma externe. Moins intense que celle du nuage, elle est plus rapprochée et de longue durée. Dans les premières semaines, elle est principalement due aux isotopes radioactifs à courte durée de vie comme l'iode-131. À l'échelle de plusieurs années, c'est le césium-137 qui domine.

Contamination de la chaîne alimentaire

25 La contamination du lait de chèvre dans les montagnes de la Corse en mai 1986 est un exemple de la pénétration de la chaîne alimentaire par des éléments radioactifs, soit par inhalation ou comme sur la figure par dépôt sur la végétation. Certaines plantes méditerranéennes, comme le thym ou les fruits secs, contiennent davantage d'éléments radioactifs, car leur teneur en eau est très faible (moins de 5 % pour les noisettes, contre plus de 80 % pour des fruits frais).

30 Les chèvres et les brebis s'alimentent de ces végétaux.

35 On observa pour leur lait, plus minéralisé que le lait de vache, des niveaux de contamination par l'iode-131 allant jusqu'à 15000 becquerels par litre. Toutefois, ce lait n'entre pas dans l'alimentation des très jeunes enfants qui seraient les plus sensibles à cette contamination qui décroît avec une période de 8 jours.

L'ingestion de nourriture et d'eau contaminées est à l'origine d'expositions internes. La contamination provient encore principalement de l'iode-131 dans les premières semaines puis du césium-137 quand le temps a fait son œuvre.

Ces deux isotopes, absorbés par les végétaux, pénètrent dans la chaîne alimentaire.

40 Effet d'écran de l'atmosphère pour un nuage distant

Quelle protection offre l'atmosphère contre les rayons gamma d'un nuage radioactif ? La question ne se pose que pour les rayons gamma car ils sont les seuls capables d'irradier à distance lors de rejets massifs et incontrôlés de matières radioactives.

La première protection est due à l'effet purement géométrique d'angle solide : l'angle sous lequel est vu une cible diminue rapidement avec la distance. Mais le milieu traversé n'est pas le vide. Les atomes de l'air absorbent des gammas.

Cet effet d'écran inexistant à l'échelle du mètre et de la dizaine de mètres, se fait sentir à partir de quelques centaines de mètres.

Sans ce bouclier atmosphérique, la vie n'aurait d'ailleurs pu se développer sur la Terre bombardée par le rayonnement cosmique.

Considérons le cas d'école d'une source intense de rayons gamma de 1 MeV circulant à 1000 m en altitude.

Les gammas de 1 MeV d'énergie ne sont pas les plus représentatifs en cas d'accident, mais ils sont parmi les plus pénétrants : il leur faut parcourir 90 m d'air pour que leur nombre diminue de moitié.

Barres de radioactivité à 1000 m

Le risque résultant du passage d'un nuage radioactif est mesuré par le flux (nombre de gamma par seconde) traversant une surface cible au sol. La figure montre les flux au sol résultant de plusieurs barres radioactives de 1 km de long situées à 1000 m d'altitude. On voit que le flux au sol de la barre

A située à l'aplomb de la cible est 14 et 60 fois plus important que ceux des barres décalées de 1 kilomètre. D'une façon générale, l'exposition est principalement due à la radioactivité située à la verticale. Si le nuage se déplace, on observera un pic d'exposition au passage de la verticale, qui sera bref si le nuage n'est pas étendu.

Considérons pour la source une activité de référence de 1 PBq (1 PBq représente mille milliards de kilo becquerels ou 27 000 curies) et supposons par commodité de calcul cette forte activité répartie uniformément le long d'une barre de 1 km.

Si on évalue le risque par le flux de gamma traversant une cible de 1 m² au sol, le calcul montre que ce flux est maximum quand la barre est à la verticale de la cible : 25 000 gammas par mètre carré. Dans le vide ce flux serait 2800 fois plus intense. Le flux diminue très vite dès que la barre s'écarte de la verticale. Si elle se déplace, on observera un pic d'exposition à l'aplomb de la cible.

A quelle dose s'exposerait un cobaye humain qui resterait sous le nuage une journée entière et dont les 80 kg auraient intégralement absorbés 25000 gammas de 1 MeV par seconde ? Le calcul montre que l'exposition journalière s'élèverait à 0,004 mSv, un risque équivalent pour certains experts à fumer le quart d'une cigarette. Les becquerels sont toujours impressionnants mais trompeurs !

L'effet de bouclier devient encore plus efficace au delà de 1000. Au contraire, il disparaît vite quand la radioactivité ou la source radioactive intense se rapprochent de leur cible. Dans notre exemple, le flux peut se compter en millions de becquerels à

une distance de 500 m à la verticale. Il devient impératif de se mettre à l'abri, un plafond ou un mur de 30 cm de béton ayant le pouvoir absorbant d'un km d'air.

C'est ce qu'ont expérimentés lors de l'accident de Fukushima les pilotes d'hélicoptères qui tentaient de larguer de l'eau de mer sur des bâtiments d'où émergeait un rayonnement gamma meurtrier et dont ils ne pouvaient approcher sans risques.

Ces calculs simplifiés donnent une idée des protections apportées par l'atmosphère à travers quelques ordres de grandeurs. Il faut retenir que les épaisseurs d'air qui assurent une bonne protection contre des sources gamma de très forte activité sont de l'ordre du kilomètre et qu'en dessous cette protection se dégrade vite.

Un calcul exact demanderait de tenir compte que les gammas ne sont pas absorbés en un seul coup, mais par effet Compton communiquent généralement une partie de l'énergie à un gamma secondaire qui part dans une autre direction.

A grande distance, les gammas qui atteignent la cible ont perdu beaucoup de leur énergie. Ayant parcouru un chemin plus long que la ligne directe ils ont plus de chances d'être absorbés en route.

Par ailleurs, les noyaux émetteurs du nuage n'appartiennent pas à une espèce unique. Il faut tenir compte de l'éventail en énergie des gammas présents. Pour s'en tenir à l'iode-131 et au césium-237, les principaux éléments du nuage de Tchernobyl, les énergies des principaux gammas émis sont de 364 keV pour l'iode et de 662 MeV pour le césium. Ils sont plus rapidement absorbés que ceux de 1 MeV pris dans l'exemple.

STOCKAGE DES RESERVOIRS DE COLLECTE :

Transports haute activité

Les transports de haute activité actuels

Les transports des matières de haute activité produites par les réacteurs nucléaires sont de loin les plus importants. Le nombre de ces transports en France est de 450 par an pour les combustibles irradiés, d'une cinquantaine pour la poudre d'oxyde de plutonium, et d'une dizaine pour les combustibles MOX.

Cette très forte activité impose de transporter les éléments de combustible dans des conteneurs spécialement conçus appelés « châteaux ».

En France, les assemblages REP sont transportés dans des châteaux contenant chacun 12 assemblages de 500 kg, sous air sec.

Le château de transport constitue une barrière de confinement telle qu'elle permet le transport de l'élément combustible par la route ou par le train.

Ces conteneurs d'acier sont très résistants. Leurs parois épaisses protègent des radiations et leur étanchéité empêche la dissémination des matières radioactives.

La quasi-totalité du combustible irradié destiné au retraitement est acheminé par chemin de fer jusqu'au terminal ferroviaire de Valognes puis par route jusqu'à l'usine de la Hague. Le transport maritime est utilisé principalement par le Japon, et des pays lointains comme l'Australie, qui ne possèdent pas d'installation de retraitement.

Le Japon expédie son combustible irradié aux usines de La Hague et de Sellafield en Grande-Bretagne.

À l'arrivée, le château contenant les éléments combustibles irradiés est déchargé. Les éléments combustibles sont déposés dans une des piscines de l'usine de retraitement de La Hague où ils attendront encore plusieurs années avant d'être retraités.

À l'issue du retraitement, le plutonium récupéré est envoyé conditionné en boîtes à l'usine de fabrication de combustible MOX.

Transports de déchets vitrifiés : Les déchets vitrifiés français, pour le moment entreposés à l'usine de la Hague, ne nécessitent pas de transports.

Ceux appartenant à des pays étrangers sont retournés. Ces transports sont peu nombreux. Ainsi entre 1995 et 2001, deux transports terrestres ont été organisés vers l'Allemagne en 1996 et 1997, ainsi que trois vers la Belgique en 2000 et 200, d'autres vers la Suisse ; six retours de résidus vitrifiés vers le Japon ont eu lieu respectivement en 1995, 1997, 1998, 1999 et 2000.

Ces transports se sont ralentis durant la décennie suivante. Le Japon a mis en service sa propre usine de retraitement à Rokkasho-Mura. L'Allemagne a prévu d'arrêter le retraitement du combustible de ses centrales.

En novembre 2010, a eu lieu le onzième convoi de déchets vitrifiés de la Hague à Gorleben en Basse-Saxe où ils sont entreposés. Ce convoi surnommé le *'train de l'enfer'* ou *"Tchernobyl roulant"* par les antinucléaires allemands est en principe l'avant dernier. Ses convois ont beaucoup attiré l'attention des médias du fait de l'opposition virulente des mouvements écologistes.

Sécurité des transports

Un luxe de précautions pour garantir des transports sûrs.

Les matières nucléaires sont très radioactives.

Comment éviter tout risque d'accident, garantir la sûreté maximale ? Pour atteindre ces objectifs, on fait appel aux principes de la « défense en profondeur ». La sûreté maximale est assurée par la robustesse des emballages, la fiabilité des transports, et aussi la prévention des accidents.

La radioactivité du combustible irradié impose de le transporter dans des conteneurs spécialement conçus appelés « châteaux ». Leurs parois épaisses protègent des radiations et leur étanchéité empêche la dissémination des

matières radioactives.

Le château de transport constitue une barrière de confinement telle qu'elle permet l'acheminement de l'élément combustible ou de déchets par la route, par le train, ou par mer.

5 Ces conteneurs d'acier très résistants de plus de 100 tonnes ont des parois atteignant 30 cm. Les châteaux sont conçus pour résister au feu, à un tir de roquette et à l'écrasement qui pourrait survenir lors d'un accident du camion ou du train qui les transportent. Ils doivent subir des tests de résistance au choc (50 km/h), à la perforation, à l'incendie (feu de 800°C pendant 30 minutes) ou à l'immersion (sous 200 m d'eau).

10 Aucun transport de combustible n'est effectué par voie aérienne, pour des raisons de sécurité évidentes, et d'encombrement... Mode de transport qui n'aura plus rien à voir avec le Brevet (Réservoirs amovibles de récupération du nuage radioactif, avec confinement sélectif) équipant les
15 moyens aériens mis en œuvre.

Loi de juin 2006

Vers un centre de stockage profond ...

Vote au parlement de la loi de 2006

20 A l'échéance de la loi de 1991, une nouvelle loi sur les déchets radioactifs a été promulguée le 28 juin 2006.

Cette loi reprend les trois axes de recherches de la loi Bataille.

Elle établit un calendrier fixant notamment à 2015 le choix d'un site des stockages réversibles en couche géologique profonde.

25 Elle organise le financement de la gestion des déchets et du démantèlement des installations.

En médaillon, les députés Claude Birraux et Christian Bataille et le sénateur Henri Revol qui ont activement participé à l'élaboration de la nouvelle loi.

Une nouvelle loi sur les déchets radioactifs, votée en juin 2006, reprend les principales dispositions de la loi Bataille de 1991.

30 Elle la prolonge en précisant les dates auxquelles les différentes solutions résultant des recherches entreprises pourront entrer en vigueur.

Elle prévoit la poursuite des recherches sur la gestion des déchets radioactifs selon les trois axes définis en 1991, la séparation-transmutation, le stockage et le conditionnement-entreposage.

35 La principale décision concerne la création d'un site de stockage réversible pour les déchets de haute activité à vie longue dans une couche d'argile à 500 m de profondeur.

La décision, préconisée par la majorité des experts, était attendue. La démarche est prudente et le législateur avance à pas comptés.

Le choix d'un site de stockage est prévu en 2015, quand tous les éléments auront été réunis pour autoriser la construction d'un tel centre sur la base des études faites au laboratoire souterrain de Bure dans la Haute-Marne.

Le site sera probablement construit dans une zone de 200 km², dite de transposition, à proximité du laboratoire de Bure où se poursuivent les recherches sur le milieu argileux.

Autre élément important et nouveau par rapport à la loi de 1991, la nouvelle loi institue un *plan national de gestion des déchets radioactifs* qui inclut une gestion nationale non seulement pour les déchets, mais aussi pour les matières radioactives, valorisables ou non.

Trois axes

La loi Bataille : trois voies de recherches complémentaires

Trois axes de recherche

Les trois voies de recherches définies par la loi Bataille ont pour but de répondre aux questions encore ouvertes sur les déchets radioactifs et d'offrir une panoplie de moyens de gestion. Elles sont complémentaires. La première explore les possibilités de tri et de destruction de certains atomes radioactifs, la seconde porte sur l'enfouissement des déchets de haute activité qui sera sans doute inévitable. La troisième vise à améliorer le conditionnement des déchets et à permettre de longs entreposages.

Axe 1 : Séparation et transmutation

Les recherches sur la séparation s'intéressent aux méthodes de tri des déchets nucléaires. On irait plus loin que le tri pratiqué aujourd'hui à l'échelle industrielle et qui se limite à séparer l'uranium et le plutonium des produits de fission et des actinides mineurs.

On cherchera par exemple à séparer un produit de fission comme le césium pour le conditionner à part.

Mais la séparation est surtout intéressante si elle est suivie d'une transmutation. Il deviendrait possible alors de faire disparaître des radioéléments comme les actinides mineurs qui représentent moins d'un millième de la masse du combustible utilisé, mais dont les durées de vie sont très longues.

Pour transmuter les actinides en des produits radioactifs de courte période, voire en éléments stables, il faut des réactions nucléaires et passer en réacteur. Avec quels réacteurs peut-on aboutir à une transmutation qui ait un rendement satisfaisant ?

Axe 2 : stockage en profondeur

Les déchets ultimes, que nous ne savons exploiter actuellement, peuvent-ils être enterrés sans dangers en profondeur ?

Dans quels types de sols ce stockage est-il envisageable ?

5 Comment assurer la pérennité d'un tel stockage sur des périodes longues ? Combien de temps un tel stockage doit-il être réversible ?

Si d'aventure nos descendants découvraient un moyen d'exploiter ces déchets, ou de les faire disparaître, pouvons nous faire en sorte qu'ils soient capables de les extraire du site de stockage ?

10 Axe 3 : Conditionnement et entreposage (Récupérations)

Il existe déjà de bons conditionnements pour de multiples types de déchets ?

Peut-on les améliorer, les rendre plus résistants, les adapter au type de d'atomes radioactifs à immobiliser ?

15 Les combustibles usés et les déchets vitrifiés sont déjà entreposés dans des installations prévues pour durer quelque dizaines d'années.

Peut-on prolonger ces installations sur des durées allant jusqu'à 300 ans ?

Ces entreposages doivent-ils être en surface où à faible profondeur ?

Comment assurer sur une aussi longue durée la surveillance et le bon état de telles installations qui précèdent mais ne remplacent pas un stockage ?

20 Un calendrier

Ce calendrier, montre les options qui seraient ouvertes à l'avenir dans la gestion des déchets radioactifs du fait des dispositions proposées.

25 Alors qu'aujourd'hui la seule option disponible pour les déchets de haute activité est leur entreposage comme celui pratiqué à la Hague, on disposerait après 2040, de toute la gamme des options avec le stockage géologique, l'entreposage de longue durée et la séparation-transmutation.

Le conditionnement et l'entreposage de longue durée (Axe 3) :

30 Constituant l'axe 3 de la loi de 1991, le conditionnement et l'entreposage à long terme en surface sont deux domaines où des progrès importants ont été enregistrés. Les volumes de déchets de haute ou moyenne activité ont été divisés par 10 depuis 1992, par la vitrification des effluents, le compactage des déchets technologiques et des structures métalliques des combustibles.

35 Conçus pour compléter les entreposages industriels actuels d'une durée de vie de 50 ans, les entreposages de longue durée en surface ou en sub-surface visent des durées de fonctionnement de 100 à 300 ans. Un entreposage de longue durée pourrait être mis en service opérationnel en France d'ici à 2015.

Conteneurage

Axe 3 : Etais et conteneurs...

Conteneur de déchets de moyenne activité

5 Des démonstrateurs de conteneurs en bétons pouvant servir aux deux usages, entreposage et stockage pour les colis primaires de déchets B de moyenne activité à vie longue (MAVL), ont été étudiés en commun par le CEA et l'ANDRA. Le béton des conteneurs est un béton spécial, différent de celui proposé pour les ouvrages d'entreposage ou de stockage. Les résultats sur les colis cimentés doivent être complétés et de nouvelles études devraient être menées notamment pour prendre en compte le cas des fissurations.

15 La Commission Nationale d'Evaluation (CNE) considère dans son rapport final que les conditionnements des colis primaires de haute (HA) et moyenne activité (MAVL) sont maîtrisés et que le domaine a atteint la maturité industrielle. Ces colis primaires sont constitués des déchets vitrifiés et des déchets compactés produits à la Hague. La commission estime que le conditionnement de ces deux catégories de déchets est approprié à leur stockage géologique, à condition d'y ajouter un conteneurage complémentaire.

20 Par conteneurage, on entend l'action d'emballer les colis primaires et plus généralement d'autres types de colis radioactifs dans des étuis et conteneurs adaptés afin d'ériger une barrière indépendante, essentielle pour la sécurité aussi bien d'un entreposage que d'un stockage.

25 Des démonstrateurs de conteneurs d'entreposage pour les colis primaires de déchets B de moyenne activité (MAVL), les déchets C de haute activité (HAVL) et les assemblages du combustible usé ont été construits. L'étude de leur durabilité se fait en fonction des projets d'entrepôts de longue durée proposés pour abriter ces conteneurs.

Les équipes du CEA ont conçu des solutions distinctes pour les colis qui ne dégagent pas de chaleur et pour les colis qui en dégagent – assemblages de combustibles usés ou colis de déchets vitrifiés.

30 Pour les colis thermiques, l'étude sur maquette de leur durabilité et de leur capacité d'évacuation de la chaleur est en cours.

35 Pour les colis de déchets de moyenne activité à vie longue (MAVL), des essais ont montré que les radioéléments présents ne pouvaient pas être récupérés pour être transmutés et que ces déchets sont ultimes (Ils ne représentent que quelques % de l'activité totale). Les colis primaires ne dégageant pas de chaleur, il été proposé de les mettre dans des conteneurs durables en béton, qui pourraient à la fois servir pour l'entreposage et le stockage. Des démonstrateurs de tels conteneurs, pouvant servir aux deux usages, ont été réalisés par le CEA et l'ANDRA.

Combustibles usés et déchets C

40 Projet de conteneurs d'assemblages de combustibles usés

Les assemblages de combustibles, longues structures mécaniquement vulnérables de 4 m de long et dont la matrice de pastilles d'oxyde d'uranium irradiées est fragile demandent un système d'étuis et de conteneurs pour leur entreposage et leur stockage. Le CEA a conçu des conteneurs à même d'accueillir 7 assemblages UOX ou 4 assemblages MOX qui dégagent plus de chaleur. L'étui individuel est réalisé en acier inoxydable soudé étanche. Il fait appel à des technologies industrielles maîtrisées.

Les Suédois, qui seront parmi les premiers à enfouir leurs combustibles usés, ont choisi de grands conteneurs en cuivre pour les assemblages en provenance de leurs réacteurs. Le cuivre a été retenu pour sa résistance à la corrosion. Ces conteneurs, pleins, pèseront 25 tonnes.

Enfin, pour les colis de déchets vitrifiés de haute activité, les conteneurs seraient de conception voisine de celui des assemblages de combustibles usés. Par exemple, un projet du CEA envisage des conteneurs pouvant accueillir 6 colis CDS-V.

Conditionner

A l'usine de la Hague, des solutions de produits de fission et actinides mineurs sont calcinées à environ 400°C, puis vitrifiées par mélange avec de la fritte de verre dans un four à une température d'environ 1100°C. Le verre en fusion est coulé dans un conteneur cylindrique (à droite) en acier spécial. Le couvercle est ensuite posé et soudé sur le conteneur. La maquette en écorché montre à gauche l'intérieur d'un conteneur standard de déchets vitrifiés. La masse du verre est environ de 400 kg, celle des produits radioactifs proprement dits étant de 11 kg environ.

INDICATION DE LA MANIERE DONT L'INVENTION EST SUCEPTIBLE D'APPLICATION INDUSTRIELLE. Ce dispositif protégera une innovation technique, c'est-à-dire un produit ou un procédé qui apporte une solution technique à un problème technique donné. En l'occurrence, se sera l'ensemble du système d'aspiration et de récupération, avec confinement et stockage d'un nuage atmosphérique radioactif, pouvant résulter d'une fuite radioactive majeure, ou d'une catastrophe nucléaire comme celle de Fukushima au JAPON. Ce procédé peut être également utilisé, lors d'une éruption volcanique (nuages de cendres par exemple) ou tout simplement, lors de grands incendies, dévastateurs.

5

LEGENDE

- 1 - Bouche d'aspiration avec grille de protection de la turbine (gros détritrus, déchets, agrégats...)
- 5 2 - Pompe d'aspiration, ou turbine
- 3 - Purgeur électronique
- 4 - Compresseur avec filtre pour l'air comprimé
- 5 - Circuit de purges avec clapets automatiques
- 6 - Réservoir air comprimé radioactif (capacité mini de 5000L et pression d'épreuve de 16 bars)
- 10 7 - Réservoir matrice pour conteneur cylindrique en acier spécial. Vitrification des déchets radioactifs (Usine de la Hague)
- 8 - Base du container (réservoir de collecte) pour entreposage vertical au sol

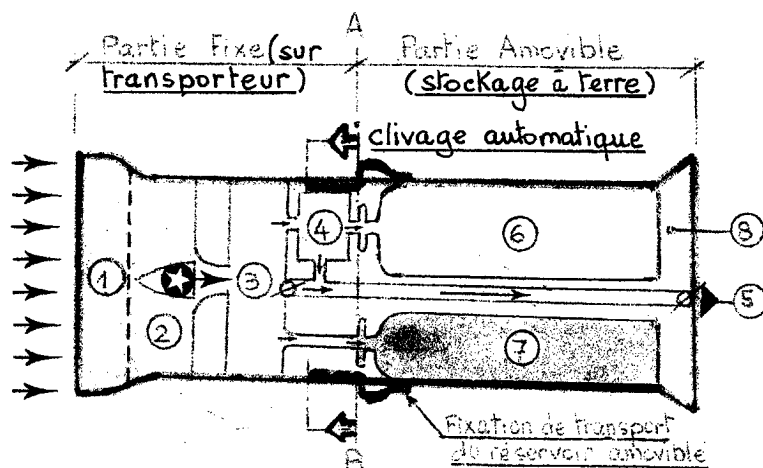
REVENDICATIONS

- 1 – Dispositif d'aspiration d'un nuage nucléaire agencé sous la forme d'un réservoir de collecte, caractérisé en ce qu'il comporte :
- 5 - une bouche d'aspiration avec grille de protection de la turbine
 - une pompe d'aspiration ou turbine
 - un purgeoir électronique destiné à purger les condensats,
 - un compresseur avec filtre pour l'air comprimé
 - un circuit de purges avec clapets automatiques
- 10 - un réservoir à air comprimé radioactif, d'une capacité minimale de 5000L et résistant à une pression de 16 bar
 - un réservoir de récupération des condensats
 - une base permettant un entreposage vertical au sol.

PLANCHE 1 / 1

schéma sommaire du réservoir de collecte

— o —





RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 775987
FR 1203312

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	FR 2 764 103 A1 (FORSCHUNGSZENTRUM JUELICH GMBH [DE]) 4 décembre 1998 (1998-12-04) * page 8 - page 11; figures * -----	1	G21F5/002 G21F9/02
A	US 4 848 656 A (MAGILL JOSEPH [DE]) 18 juillet 1989 (1989-07-18) * figure 1 * -----	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			G21F
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
21 août 2013		Smith, Christopher	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1203312 FA 775987**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **21-08-2013**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication		Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2764103	A1	04-12-1998	DE	19722305 C1	01-10-1998
			FR	2764103 A1	04-12-1998
			US	6071482 A	06-06-2000

US 4848656	A	18-07-1989	DE	3866777 D1	23-01-1992
			DK	284288 A	27-11-1988
			EP	0292932 A1	30-11-1988
			ES	2028176 T3	01-07-1992
			IE	60858 B1	24-08-1994
			LU	86900 A1	13-06-1988
			PT	87576 A	31-05-1989
			US	4848656 A	18-07-1989
