

COMMISSARIAT A  
L'ÉNERGIE ATOMIQUE

**LA DECONTAMINATION DU MATERIEL  
DANS LE CENTRE DE PRODUCTION  
DE PLUTONIUM DE MARCOULE**

par

J. RODIER , H. BOUZIGUES et P. BOUTOT

**Rapport C.E.A. n° 2031**

CENTRE DE PRODUCTION  
DE PLUTONIUM DE MARCOULE

CEA 2031 - RODIER J., BOUZIGUES H., BOUTOT P.

**La décontamination du matériel dans le centre de production du plutonium de Marcoule (1961).**

**Sommaire.** — La décontamination du matériel dans un centre atomique est une opération indispensable étant donné le coût et les difficultés du remplacement. Elle contribue aussi à diminuer les stockages toujours onéreux des matériaux radioactifs.

Les surfaces se contaminent par rétention de corps radioactifs, l'origine des forces de liaison devant être recherchée dans les phénomènes chimiques, mécaniques, électro-statiques ou de tensions superficielles. Les méthodes de décontamination peuvent être physiques (aspiration, abrasion, vapeur, ultra-sons) ou chimiques (acides, alcalins, détergents, réducteurs, oxydants). Sur le centre de Marcoule, la méthode des traitements chimiques a été adoptée.

---

CEA 2031 - RODIER J., BOUZIGUES H., BOUTOT P.

**Decontamination of material in the Marcoule plutonium producing centre (1961).**

**Summary.** — The decontamination of material in an atomic centre is an essential operation in view of the cost and the difficulties of replacement. It also makes it possible to reduce the storage of radio-active materials always an expensive task.

Surfaces are contaminated by retention of radio-active products and the mechanism of the bounding forces can be explained in terms of chemical, mechanical, electrostatic and surface tension phenomena. The methods used for decontamination are either physical (suction, abrasion, steam, ultrasonics) or chemical (acids, alkalis, detergents, reducing and oxidising agents). At Marcoule, chemical methods of treatment are used. This is effected in tanks, the exact composition of the liquids being regulated from a control

Le travail s'effectue en cuves, le dosage précis des bains étant réalisé à partir d'un pupitre de commande. L'expérience de fonctionnement a montré qu'en raison du travail en milieu humide les problèmes de contamination atmosphérique ne se posent pas; de ce fait, les agents peuvent travailler sans dispositifs de protection spéciaux. Pratiquement tout matériel peut être récupéré et les opérations n'entraînent qu'un assez faible volume d'effluents.

Le fonctionnement de l'atelier est assuré par un petit nombre d'agents. Les frais d'exploitation, y compris amortissement et traitement des effluents, ne dépassent pas 15 pour cent de la valeur marchande des pièces traitées.

---

panel. Working experience has shown that the fact of operating in humid conditions eliminates all problems of atmospheric contamination; as a result it is possible for the personnel to work without any special protective devices. Almost all the material can be re-utilised and the operations produce only a small volume of liquid waste.

The decontamination workshop is operated by a small number of workers. The working costs, including capital repayment and treatment of the waste, do not exceed 15 per cent of the value of the apparatus treated.

- Rapport C.E.A. n° 2031 -

Service de Protection contre les Radiations  
CENTRE DE MARCOULE

LA DECONTAMINATION DU MATERIEL  
DANS LE CENTRE DE PRODUCTION DE PLUTONIUM  
DE MARCOULE

par

J. RODIER, H. BOUZIGUES et P. BOUTOT

# La décontamination du matériel dans le centre de production de plutonium de Marcoule

par

J. RODIER, H. BOUZIGUES et P. BOUTOT

Service de Protection contre les Radiations  
du Centre de Marcoule  
Commissariat à l'Energie Atomique

La décontamination du matériel dans un centre atomique est une opération indispensable étant donné le coût et les difficultés du remplacement. Elle contribue aussi à diminuer les stockages toujours onéreux des matériaux radioactifs.

La décontamination des surfaces peut se faire par des procédés physiques ou chimiques. Ce sont ces derniers qui sont appliqués dans l'Atelier de décontamination du Centre de Marcoule, dont on trouve décrites ci-dessous les installations et les opérations qui y sont effectuées.

En raison du travail en milieu humide, les risques de contamination atmosphérique sont extrêmement réduits.

Les frais d'exploitation ne dépassent pas 18 % de la valeur marchande des pièces traitées.

## INTRODUCTION

La décontamination du matériel dans un grand centre utilisant l'énergie nucléaire est une opération indispensable si l'on veut assurer dans de bonnes conditions tous les travaux d'entretien nécessaires à la vie des ensembles industriels.

Le remplacement systématique des pièces contaminées serait une opération très onéreuse à plusieurs points de vue. Tout d'abord, une telle procédure est irréalisable dans l'état actuel du marché, où il ne saurait exister une organisation de pièces détachées capable de couvrir la totalité des besoins de l'industrie nucléaire. En effet, la constitution de stocks de matériel rare et souvent très cher, susceptible d'être rapidement dépassé par les progrès techniques est une chose impensable. Enfin, il resterait à solutionner la question du stockage très dispendieux de volumes considérables d'objets actifs, dont il faut à tout prix éviter la dispersion en raison des risques radioactifs.

On sait que, de par la nature même des processus énergétiques utilisés dans ce type d'industrie, beaucoup de matériaux constituant les organes essentiels des réacteurs ou des usines de traitement de combustibles subissent, en cours de fonctionnement, une activation inévitable.

Cette radioactivité apparue après la mise en service des pièces peut être, soit de la radioactivité induite par action

neutronique, soit ce qu'il est convenu d'appeler une contamination de la surface ; celle-ci est toujours la conséquence du contact avec des radioéléments libérés de l'enceinte entourant le cœur du réacteur ou les récipients de stockage des radioéléments.

C'est ce dernier aspect de la question que nous nous bornerons à traiter ici parce qu'il domine le problème. Le but de toute opération de décontamination est d'éliminer des surfaces du matériel les souillures radioactives afin de limiter le risque d'irradiation ou de contamination à un niveau acceptable. Il est évident que ce résultat sera atteint avec le maximum de succès si le minimum de transformation est infligé aux surfaces traitées.

Toute décontamination se déroule suivant deux processus :  
-- dissociation du système surface-contaminant,  
--- stabilisation du contaminant dans l'agent de nettoyage sous la forme d'un nouveau système contaminant-agent de nettoyage, ce dernier se constituant en même temps que se détruit le premier.

Suivant le degré de solidité des liens attachant l'élément radioactif aux surfaces, ces deux processus peuvent s'accomplir plus ou moins parfaitement.

## PHÉNOMÈNES DE CONTAMINATION RADIOACTIVE

La contamination des surfaces peut être le fait de la rétention de radioéléments faciles à solubiliser ou de produits radioactifs insolubles. Les premiers existent sous forme d'ions ou de combinaison non chargée. Les seconds apparaissent sous forme de particules de toutes dimensions, constituées par des agrégats de molécules colloïdales submicroscopiques, microscopiques et macroscopiques. La solidité du lien qui les lie aux surfaces dépend de la taille de ces particules et de leur charge électrique.

On peut classer en quatre catégories les forces responsables de cette liaison.

## Les forces électrostatiques

Aucune surface n'est électriquement neutre et l'on sait que les propriétés associées aux charges électriques superficielles prennent de plus en plus d'importance lorsqu'augmente le rapport  $\frac{\text{surface}}{\text{masse}}$ . Les ions et les particules chargés sont attirés par des surfaces portant des charges opposées et s'y trouvent retenus par des forces électrostatiques.

## Les forces de tension superficielle

Ces forces sont fonction de l'étendue de la surface, de sorte que les matériaux les plus faciles à entraîner sont ceux présentant une forme sphérique minimum. Il est par suite possible

de réduire les forces de rétention de ce type en substituant, dans l'interface, des substances de tension superficielle plus faible. On obtient également le même résultat en agglomérant les fines particules sous forme d'agrégats plus largement dimensionnés présentant une surface d'étendue réduite.

## Les liaisons chimiques

Elles résultent de la formation de combinaisons chimiques définies entre les atomes superficiels d'un matériau et ceux du milieu environnant. Ce type de combinaison n'est pas rare avec les métaux polis et il explique l'existence de films d'oxydes métalliques responsables des franges de diffusion observées sur les surfaces. On le rencontre également après les réactions de sels sur les revêtements calcaires, le béton, le ciment. Le lien du système contaminant-surface apparaît comme la conséquence de la formation, avec une réduction d'énergie libre, d'un arrangement stable. Pour le détruire, il sera indispensable de mettre en œuvre une quantité d'énergie équivalente sous forme électrique, chimique, thermique ou mécanique et le plus souvent d'une combinaison de l'une et de plusieurs de ces formes.

## Les forces mécaniques

Sur la plupart des surfaces, il existe un grand nombre de cavités de tailles et de formes les plus diverses et qui constituent autant de pièges dans lesquels les particules peuvent être retenues après une simple capture mécanique (mécanisme d'impact).

## PROCÉDÉS DE DÉCONTAMINATION INDUSTRIELLE

Les techniques utilisables industriellement pour briser ces forces de rétention peuvent, suivant les processus mis en œuvre, être groupées en deux grandes catégories :

- les techniques physiques telles que le nettoyage par aspiration, par abrasion, par la vapeur ou par les ultra-sons ;
- les techniques chimiques mettant en œuvre des agents acides, alcalins, oxydants ou réducteurs, des réactions d'électrolyse, etc.

Les unes et les autres sont parfois utilisées conjointement avec succès, en opérant à température élevée toutes les fois que les réactifs ou les matériaux traités le permettent.

L'avancement du processus de décontamination peut être suivi, soit en évaluant l'activité des effluents liquides, soit en mesurant le rayonnement émis par la surface des pièces avant et après traitement. Le facteur de décontamination obtenu est le rapport  $\frac{A_0}{A}$  de l'activité de la surface avant et après la décontamination.

Le choix de l'une ou de l'autre de ces deux catégories de techniques est souvent orienté en fonction de la nature des

matériaux à décontaminer. Dans les usines destinées au traitement des combustibles nucléaires, l'apport le plus important des pièces à décontaminer pendant les périodes d'entretien est fourni par les installations chimiques dont les parties essentielles sont construites en acier inoxydable.

Ce type de matériel peut subir sans dommage un traitement chimique par voie humide. Cette technique de décontamination présente plusieurs avantages. Le principal est d'abord qu'elle se prête admirablement à une exploitation par cycle continu, comme n'importe quelle fabrication industrielle. Le second est qu'elle offre la possibilité de traitements énergiques à la fois simples, efficaces et économiques. Enfin, en dehors du démontage, les pièces en cours de cycle sont très peu manipulées par le personnel, qui se trouve ainsi moins exposé à des accidents de contamination.

C'est la solution qui a été choisie par le Centre de Marcoule. Bien qu'il existe dans l'Atelier de Décontamination un poste de nettoyage par jet de sable et qu'on projette d'y installer une enceinte vapeur, ces techniques ne constituent que des traitements d'appoint utilisés en début ou en fin de chaîne et toutes les fois que le niveau de contamination de la pièce ou sa structure est incompatible avec sa rentrée dans le cycle.

Il est bien connu qu'il n'existe pas de surfaces propres et il s'ensuit que, dans la grande majorité des cas, la décontamination d'une surface ne pose qu'un problème de nettoyage. Très souvent, les surfaces sont recouvertes d'un film de crasse ou de graisse, de sorte qu'il suffit de détruire ce film en le solubilisant dans un solvant organique pour qu'aussitôt les radioéléments qu'il retenait énergiquement soient entraînés avec lui.

Toute opération de décontamination par voie humide doit remplir plusieurs conditions, à savoir :

- L'humidification, par le liquide de traitement, de la surface et du contaminant doit être parfaite ;
- La destruction du système surface-contaminant doit être totale, ce qui peut exiger du temps et une dépense d'énergie. De plus, suivant la nature du lien associant le contaminant à la surface, il est possible que pour être effective, cette destruction nécessite un pré-traitement chimique spécial résultant du contact d'un agent acide, alcalin, oxydant ou réducteur. Ce traitement a pour but d'orienter l'état chimique du système surface-contaminant dans le sens d'un relâchement du lien qui les unit.

Le phénomène de décontamination prenant la forme d'une réaction équilibrée :

surface-contaminant + solution  $\rightleftharpoons$  surface + solution-contaminant, le système solution-contaminant doit être plus stable et la vitesse de dégradation du premier beaucoup plus élevée que la réaction inverse. Cette dernière phase de la décontamination est accomplie en présence d'agents sequestrants, d'agents tensio-actifs ou d'une combinaison de deux réactifs.

Dans l'atelier de décontamination du Centre, ces opérations sont réalisées par trempage dans des bains à des concentrations et à des températures variables. Les pièces, soigneusement démontées, sont groupées par lots et subissent un cycle dont les différents stades peuvent être programmés à partir d'un tableau de commande des réactifs.

Les réactifs utilisés sont, dans l'ordre :

- des bains dégraissants constitués, soit par du trichloréthylène, soit par un mélange de trichloréthylène et de « white spirit » ;
- des bains décapants à base de produits acides ou alcalins rencontrés dans le commerce ou l'industrie des teintures (Turco ou Parker),

- des solutions de pré-traitement nitriques, sodiques ou de perhydrol étendu,
- des bains détergents à base d'alcool gras sulfoné à chaîne longue ou des sels sodiques d'alkyl-aryl-sulfonate,
- des bains de complexants constitués par de l'acide oxalique, des phosphates, des polyphosphates ou du celon (sel de l'acide éthylène di-amine tétra-acétique).

Les charges de pièces à traiter groupées en fonction d'un cycle déterminé séjournent dans des cuves plusieurs heures. Les réactifs agissent par un lessivage énergique des surfaces entretenu de façon constante par un agitateur mécanique. Le chauffage des cuves est assuré par de la vapeur circulant dans un faisceau tubulaire ; un dispositif de réglage permet d'assurer le bain à la température désirée.

À côté des traitements chimiques par cycle, utilisés pour le gros du matériel à décontaminer, nous avons dit que l'atelier possédait des postes de traitement physique d'appoint tel que l'abrasion par jet sous pression de granulés solides. Cette opération permet d'enlever une contamination résiduaire localisée et non déplaçable par voie chimique. Elle est réalisée par l'action combinée d'un jet de sable de Fontainebleau humidifié par une solution aqueuse d'un mouillant. On dispose pour cette opération d'un appareil susceptible de traiter dans une enceinte étanche des pièces ayant un mètre d'encombrement. L'abrasif est constitué par des grains dont le tamisage est variable, permettant de disposer d'une gamme assez complète s'étendant entre 90 et 625 mesh. Ne sont traitées par ce procédé que les pièces métalliques pouvant, sans dommage, supporter un certain degré d'érosion, telles que les briques de plomb, les pièces de fonte ou les tubes de fer. Le traitement est très efficace mais son emploi est délicat. L'écueil réside dans le fait que l'abrasion doit être juste suffisante pour assurer le déplacement des radioéléments car, si l'érosion est conduite de façon maladroite, la surface présentera une aptitude plus grande à la rétention des futurs contaminants. Cet inconvénient et le peu de matériel justiciable de ce traitement en font une technique efficace, mais de portée limitée.

Il n'en est pas de même pour le pré-traitement dans l'enceinte vapeur. Ce dispositif n'est pas encore installé et nous n'avons aucune expérience de son fonctionnement. Cependant, étant donné la nature des phénomènes de surface, il est permis de penser que le nettoyage par la vapeur constituera une technique suffisante et économique d'élimination de la contamination labile, susceptible d'être appliquée à de nombreuses pièces entrant actuellement dans le cycle, faute d'autre procédé.

### L'ATELIER DE DÉCONTAMINATION DU CENTRE DE MARCOULE

Jusqu'à la mise en service de l'atelier, les opérations de décontamination étaient effectuées dans chaque ensemble par des agents affectés spécialement à ce travail.

Ce principe s'est révélé peu satisfaisant en raison de l'insuffisance des moyens mis en œuvre et de notre inexpérience en la matière.

Afin d'apporter une solution rationnelle à ce problème, un atelier spécialisé a été implanté sur une aire largement dimensionnée, située dans la partie sud-est du site.

Cette situation permet la réalisation de projets d'extension à la lumière de l'expérience acquise. Première installation de ce genre mise en service en France, le caractère d'usine-pilote est le trait dominant de cet atelier destiné à servir de banc d'essai aux procédés industriels de décontamination existant ou à créer.

Le bâtiment abritant la chaîne de traitement (fig. 1 et 2) s'inscrit dans un rectangle de 55 m de longueur sur 18 m de largeur. Du point de vue des risques radioactifs, il peut être divisé en deux :

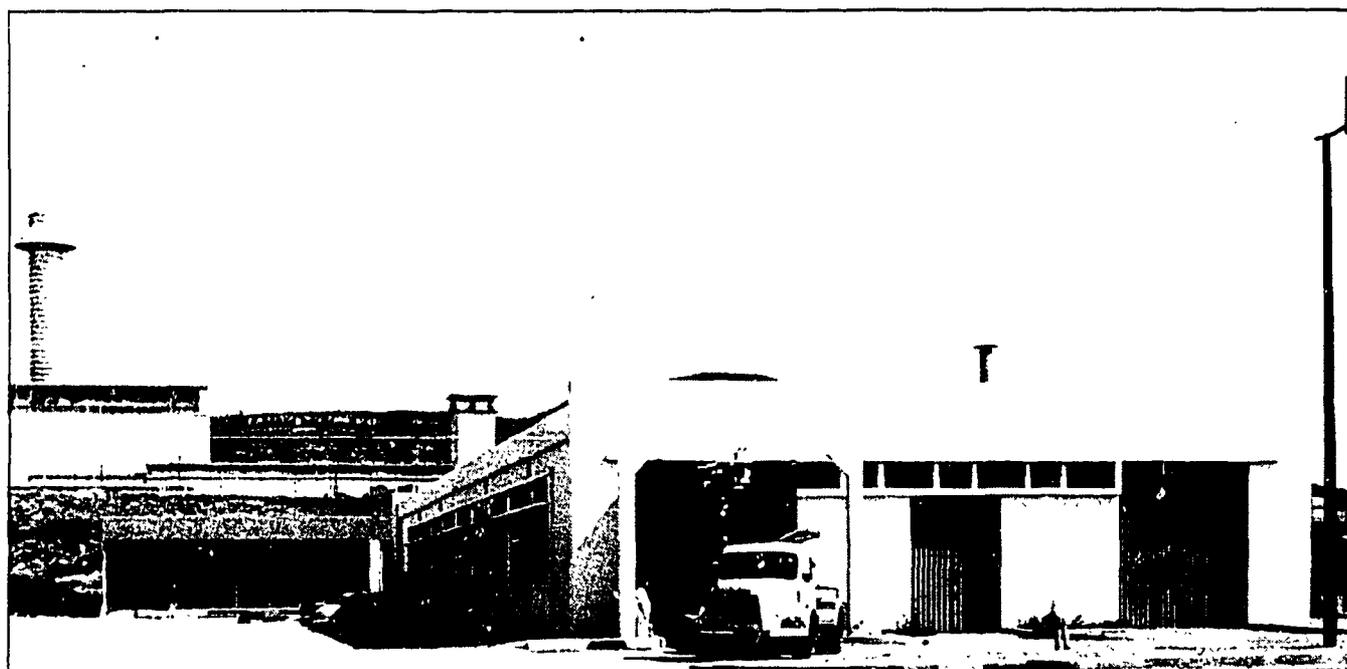


Fig. 1. — Vue générale du bâtiment.

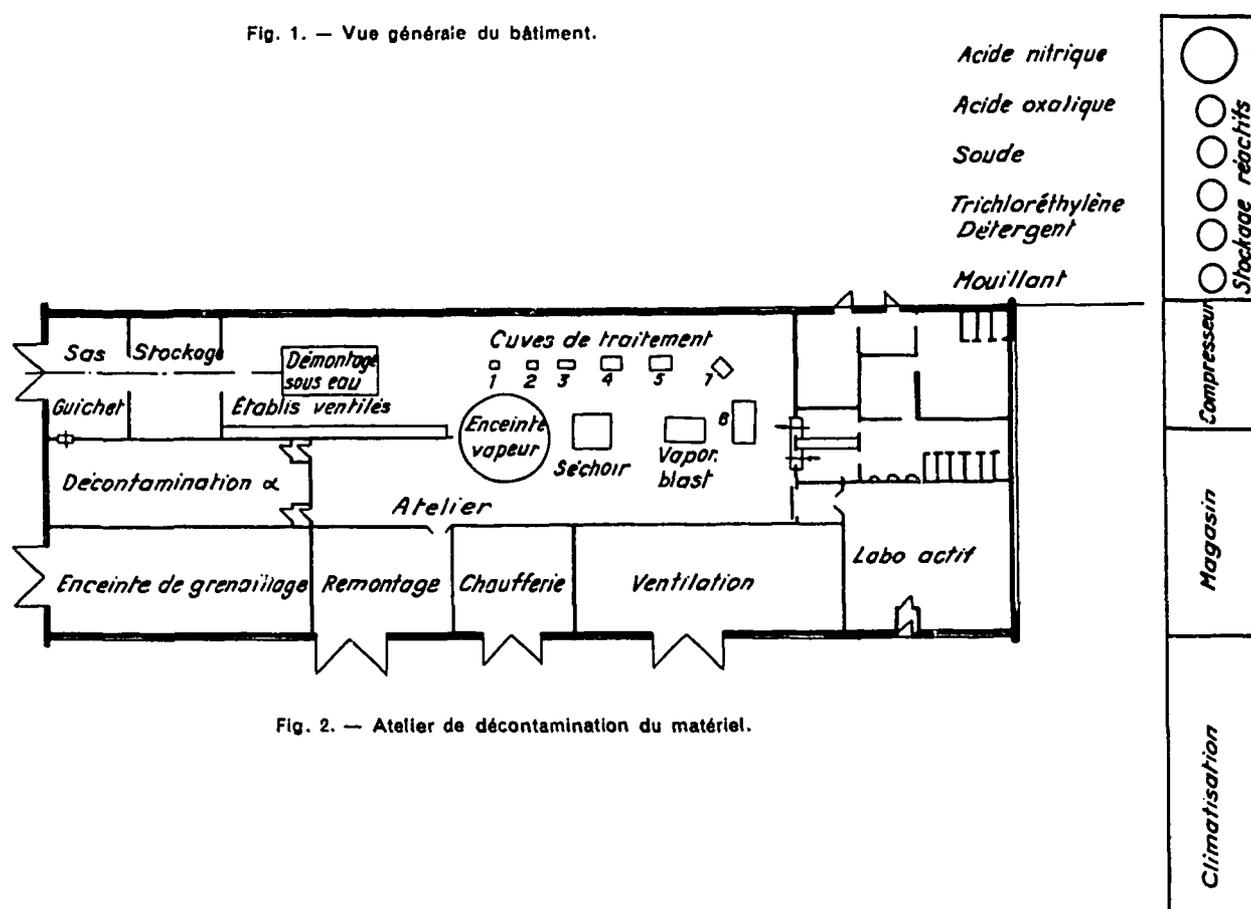


Fig. 2. — Atelier de décontamination du matériel.

- la partie non réglementée comprenant : un hall, un bureau, des vestiaires et un bloc sanitaire, un garage, un atelier de services généraux (chaufferie, ventilation), une aire de stockage de matériel désactivé ;
- la partie réglementée où, suivant le gradient de radio-activité et sa nature, on distingue :
  - une zone normale de travail où le risque résulte uniquement du rayonnement  $\gamma$  émergent des protections et dans laquelle le séjour n'entraîne pas un dépassement des doses d'irradiation hebdomadaires admissibles : vestiaires et bloc sanitaire actifs, sas d'entrée du matériel ;

- une zone à risque permanent de contamination où sont manipulées des sources radioactives non scellées, en l'occurrence les pièces à traiter. Cette zone, soumise à des conditions spéciales de séjour, comprend les œuvres vives de l'atelier. Elle englobe le stockage du matériel actif, la salle de démontage, la salle de traitement et un laboratoire chaud d'essais industriels.

Cette description ne serait pas complète si l'on n'y joignait la plateforme inactive extérieure affectée au stockage des produits chimiques et de divers engins appartenant aux services généraux (compresseurs) ou affectés à la récupération des solvants.

La ventilation a été calculée sur le modèle des laboratoires de haute activité, c'est-à-dire que dans les zones les plus actives de l'installation, les taux de renouvellement horaire de l'air sont de l'ordre de 10. Le sens des dépressions va de 0 pour la partie non réglementée à -5 mm d'eau pour les sas et atteint -10 mm d'eau pour la partie réglementée du bâtiment.

L'air soufflé depuis l'extérieur est débarrassé des particules en suspension par un dépoussiérage grossier puis, après avoir traversé l'installation, est extrait après épuration sur des batteries de filtres papier rose à haut pouvoir d'arrêt Poelman-Schneider. L'atmosphère des cuves emprunte un circuit différent et traverse avant filtration dans le circuit général une batterie de dévésiculateurs qui la débarrasse des vapeurs acides entraînées. Le débit du ventilateur général est voisin de 25 000 m<sup>3</sup> par heure. Son sens de circulation va des bouches de soufflage réparties sur les plafonds à celles d'aspiration disposées dans la partie inférieure des murs. Un ventilateur supplémentaire de 3 400 m<sup>3</sup>/h assure la ventilation des cuves de traitement.

L'aménagement de la zone active de travail est tel que l'on peut, de la partie non réglementée du bâtiment et à partir d'une salle de commande, contrôler la chaîne en cours de cycle.

Par un minimum d'opérations simples, l'ingénieur responsable fixe et prépare la composition de chaque bain constituant le traitement. Cette salle comprend un pupitre de commandes permettant la télécommande de 12 pompes volumétriques, de 32 vannes électro-pneumatiques, et le contrôle du synchronisme d'ouverture et de fermeture de 28 vannes manuelles. A partir de cette salle, il est possible également d'avoir sous les yeux l'ensemble des niveaux des bacs de stockage tampons situés au sous-sol, celui des cuves de réception des effluents, en même temps que la marche des agitateurs équipant les cuves de traitement.

Par synoptique, le tableau de commande permet également de suivre les circuits de dépotage des camions citernes réapprovisionnant les bacs de réactifs extérieurs à l'atelier. L'air comprimé nécessaire aux commandes pneumatiques est fourni par deux compresseurs d'un débit unitaire de 7 m<sup>3</sup> par minute.

La chaîne est desservie par un monorail de 2,5 t assurant la prise en charge du matériel à son arrivée et sa maintenance à travers les postes de stockage, de démontage, jusqu'à l'entrée de la salle des traitements.

Le poste de démontage est une pièce rectangulaire équipée d'une grande cuve centrale de 2,5 m × 5 m × 1 m. Cette cuve



Fig. 3. — Démontage sous eau d'un vérin.

Fig. 4. — Démontage sous eau d'une pompe.

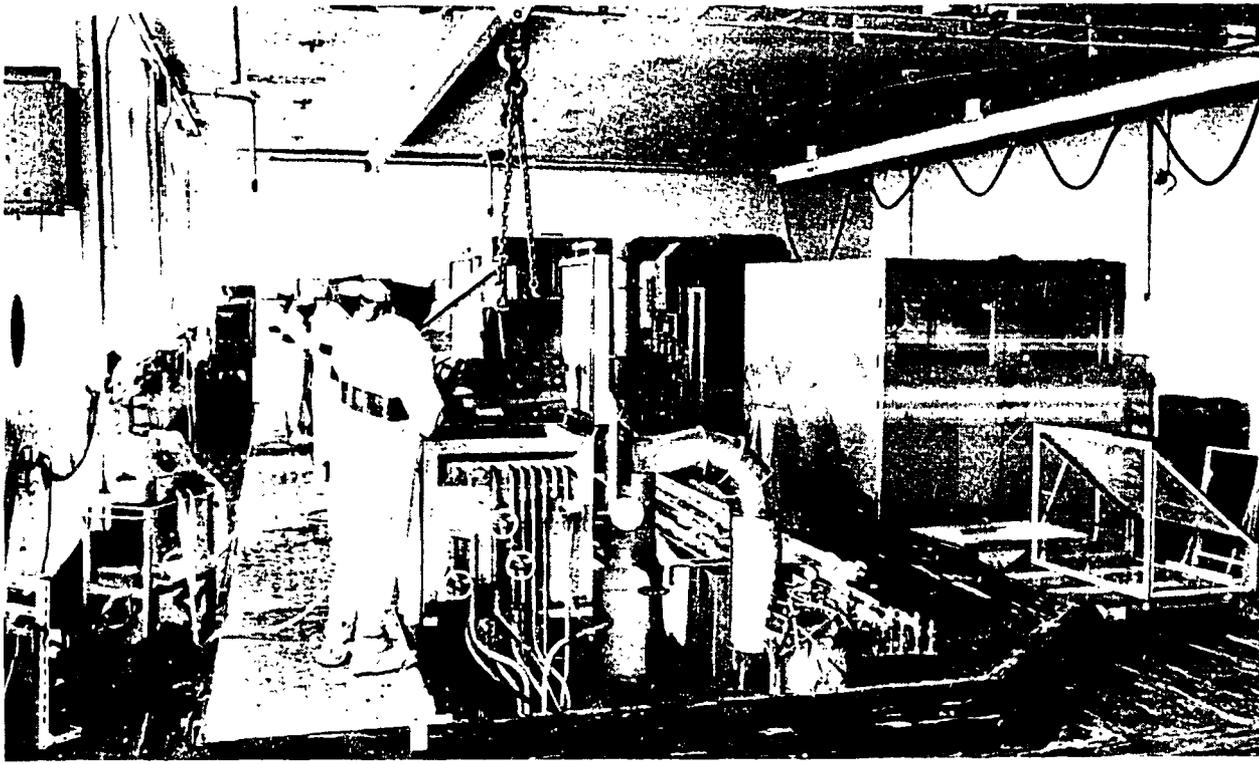


Fig. 5. — Salle de traitement chimique.  
Vue générale.

est destinée au démontage sous eau des pièces à traiter (fig. 3 et 4), l'eau jouant à la fois le rôle d'écran protecteur vis-à-vis des rayons pénétrants et des risques inhérents à la dispersion des radioéléments dangereux comme le plutonium. Outre un caillebotis métallique sur lequel les pièces sont posées à des hauteurs variables, la cuve contient des outils de fixation et de démontage. A proximité est implantée une hotte ventilée.

Après démontage et groupement, le matériel est véhiculé par un pont roulant de 1500 kg dans la grande salle de traitement. Ce pont fonctionne par commande pneumatique afin d'éviter le danger d'incendie par déflagration de vapeurs de solvants inflammables. Chaque lot est manutentionné dans des paniers en acier inoxydable et rentre dans le cycle de traitement.

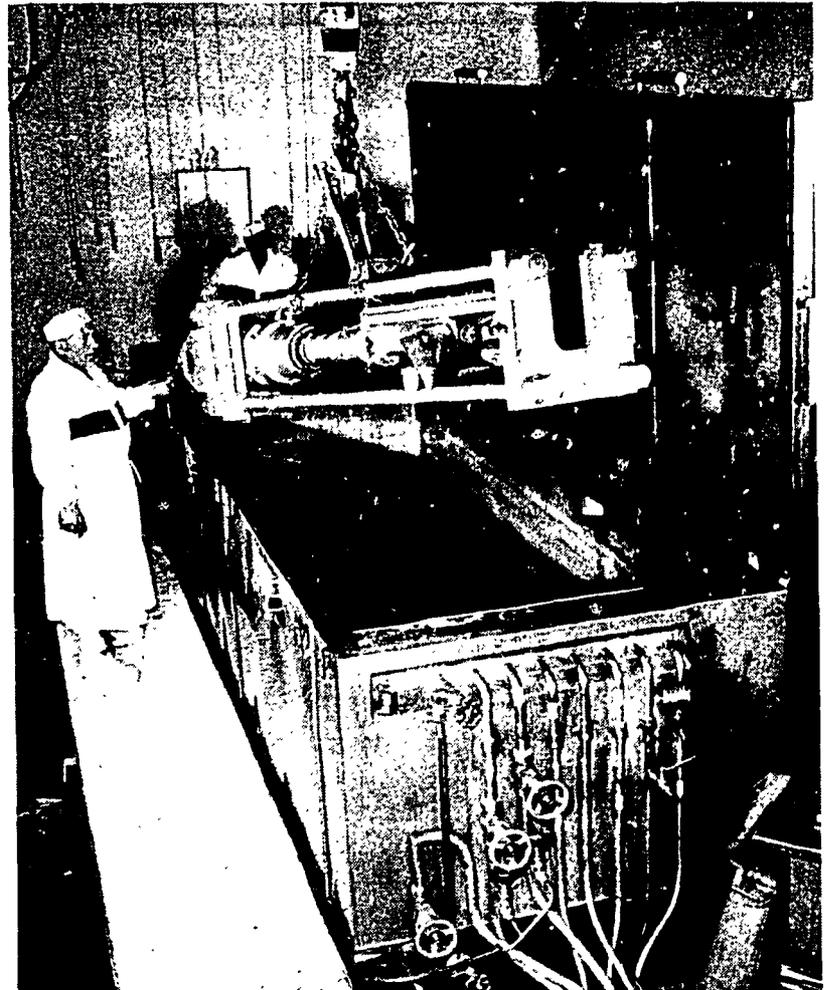
Les cuves de traitement (fig. 5 et 6) sont au nombre de huit, elles sont construites en acier inoxydable austénitique type 18-10 à très basse teneur en carbone (NS 22 S d'Ugine). Sept d'entre elles sont réservées aux traitements basiques, acides détergents et une cuve spéciale a été aménagée pour le dégraissage préalable par solvants organiques du matériel traité. Leur capacité utile varie de 220 à 4 000 l. Elles sont pourvues de couvercles munis de contrepoids facilitant l'ouverture et la fermeture. Couvercles fermés, leur dépression atteint 20 mm d'eau pour un taux de renouvellement de l'air au-dessus des liquides en réaction de 100 fois par heure.

Chaque cuve est dotée d'un système de brassage des réactifs, basé sur le principe de l'hélico-agitateur en circuit fermé, et comporte, juxtaposé, un égouttoir permettant un contrôle du matériel entre deux traitements.

Les pièces propres mais encore humides passent en fin de cycle dans un tunnel de séchage constitué par une enceinte fortement ventilée sur les parois de laquelle se trouvent disposés des projecteurs infrarouges capables de débiter 36 kW. La manutention du matériel à sécher est effectuée à l'aide d'un chariot et les dimensions de l'enceinte sont 3,6 m x 2 m x 2 m.

Nous avons dit qu'une partie du matériel pouvait être, dans des conditions spéciales, décontaminée par abrasion. L'appareillage utilisé est un ensemble Vapor-Blast. Cet appa-

Fig. 6. — Immersion d'un vérin dans une cuve de traitement.



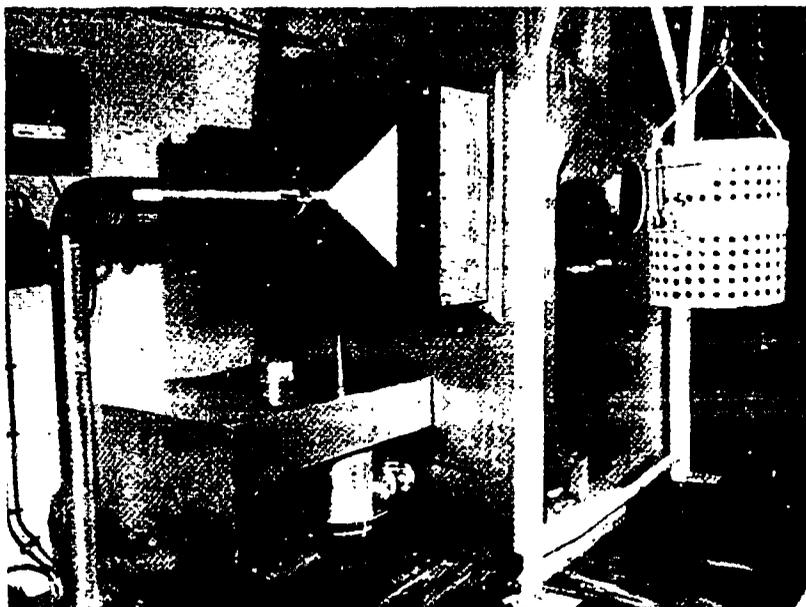


Fig. 7. — Décontamination du plomb par fusion

reillage permet la projection à des vitesses de l'ordre de 950 m/s d'abrasif de granulométrie variable et pouvant descendre jusqu'au micron. Ces abrasifs sont projetés, dispersés, dans une solution aqueuse. Le mélange abrasif accomplit un circuit fermé grâce à une pompe d'un type particulier capable de fournir des pressions de pulvérisation allant de 3 à 7 kg. Selon le type des surfaces à traiter, on utilise, soit des granulés de quartz, soit de la fleur de silice.

Les résultats se sont révélés excellents pour la plupart des métaux. Cependant, dans le cas très particulier du plomb, cette méthode a présenté certaines insuffisances que seul le procédé par fusion pouvait annihiler (fig. 7). Son principe est basé sur la différence de densité généralement importante entre le métal et les poussières radioactives. Ces dernières, qui se présentent surtout sous forme d'oxydes ou de sels, ont une densité relativement faible et, surnageant sur la masse en fusion, peuvent être facilement éliminées par écrépage. Du point de vue pratique, le four est constitué par un creuset en acier de 1 400 kg de capacité chauffé au propane et enfermé dans une enceinte sous dépression constamment ventilée.

Notons enfin que pour les pièces de faible volume mais présentant une contamination  $\alpha$  importante, un local spécial est aménagé.

En résumé, le matériel protégé par un emballage conventionnel est collecté auprès des ensembles par le Groupe Intervention. À son arrivée dans le sas d'entrée, il est pris en charge à l'aide du monorail et transporté dans la salle de stockage où il est classé en fonction de la provenance et du degré d'urgence.

Les pièces sont déballées dans la cuve spéciale prévue à cet effet, et, éventuellement, démontées et groupées en fonction du cycle de décontamination prévu.

Le matériel égoutté mais encore humide est ensuite placé dans des bacs spéciaux, lesquels sont repris par le monorail, introduits dans le cycle de traitement et manutentionnés par le pont.

Une fois décontaminé, le matériel est dirigé vers le sas de sortie après passage à travers le tunnel de séchage. Il est ensuite acheminé vers la salle de remontage.

Les pièces traitées sont finalement collectées par les véhicules du Groupe Intervention qui les retournent au service utilisateur.

Le personnel exploitant la station est constitué par des spécialistes aux fonctions bien définies travaillant sous la direction d'un ingénieur chimiste chargé de l'ensemble des problèmes de décontamination, qu'il s'agisse de linge, de plastique ou de matériels de tous ordres.

L'effectif est ainsi réparti suivant les spécialités :

1 contremaître chimiste,

1 contremaître mécanicien,

1 agent technique chimiste, affecté au laboratoire, chargé des analyses radiochimiques des effluents, de l'évaluation des facteurs de décontamination et de l'étude des produits décontaminants,

2 agents techniques chimistes affectés à l'atelier,

5 mécaniciens,

soit un total de 10 personnes.

L'atelier est contrôlé du point de vue des risques radioactifs par un agent de surveillance hiérarchiquement rattaché à l'ingénieur de radioprotection chargé des installations de traitement chimique des combustibles.

Une comptabilité du matériel à décontaminer est tenue au jour le jour. Chaque ensemble industriel possède un carnet de « demande de décontamination » sur lequel sont notés tous les renseignements nécessaires quant à la nature de la pièce, sa provenance, son degré de contamination et d'irradiation, les éléments contaminants probables, le délai de livraison souhaité.

La demande est établie en quatre exemplaires :

- un feuillet blanc accompagnant la pièce à la station de décontamination,

un feuillet vert constituant la décharge lorsque le matériel est remis au service utilisateur,

un feuillet jaune restant au magasinier du service,

enfin un feuillet rose constituant la souche.

Le feuillet blanc permet, à l'aide de son numéro de série, de repérer la pièce et de rédiger la fiche de décontamination sur laquelle apparaissent tous les divers traitements de décontamination. Les renseignements de cette fiche sont exploités pour des calculs statistiques permettant d'établir des courbes de fréquences d'utilisation des divers traitements où apparaît également le nombre de pièces introduit dans le cycle de décontamination.

RÉSULTATS D'EXPLOITATION

On peut classer les pièces traitées en deux catégories : celles qui sont normalement utilisées en zone active mais sur lesquelles des réparations ou des modifications doivent être effectuées et celles normalement utilisées en zone inactive et qui ont été contaminées accidentellement.

Depuis sa mise en service, en mars 1960, jusqu'à la fin de l'exercice 1961, l'atelier a fonctionné en fait pendant 19 mois, les 3 autres ayant été utilisés pour certaines modifications des installations de génie civil (ventilation, adduction des réactifs).

Au cours de cette période, 2005 demandes de décontamination sont arrivées à l'atelier. La valeur du matériel traité (estimée en matériel neuf) est de 9 072 016 N F. En réalité, on doit distinguer parmi ces pièces :

- celles qui sont en bon état mécanique, dont la valeur est de 7 432 762 N F.
- celles qui sont défectueuses, représentant 1 639 254 N F.

Par ailleurs, les frais d'exploitation sont répartis comme suit :

MATIÈRES PREMIÈRES EMPLOYÉES :

43 t soude	à 167,5 N F...	7 190,50 N F
98,350 t acide nitrique	à 175 N F...	17 211,25 N F
3,100 t trichloréthylène	à 1 695 N F...	5 247 N F
4,500 t détergents	à 1 250 N F...	5 625 N F
107 cartons coton	à 105 N F...	11 235 N F
7 400 sacs de Polythène	à 2,73 N F...	20 202 N F
Divers		40 403,78 N F
		<u>107 114,53 N F</u>

FRAIS D'ENTRETIEN DU MATÉRIEL :

Travaux effectués	43 000	N F
-------------------	--------	-----

FRAIS DE PERSONNEL D'EXPLOITATION

Salaires - Frais sociaux - Taxes	338 000	N F
----------------------------------	---------	-----

FOURNITURES D'EXPLOITATION

Électricité, fuel, essence, eau	50 000	N F
---------------------------------	--------	-----

AMORTISSEMENTS	1 000 000	N F
----------------	-----------	-----

COUT DU TRAITEMENT DES EFFLUENTS RADIOACTIFS	90 000	N F
--	--------	-----

La totalité des frais engagés pour l'exploitation de l'atelier de décontamination peut donc être évaluée à 1 628 114,53 N F.

Cette somme représente 17,94 % de la valeur du matériel récupéré.

La répartition des bons de décontamination par ensemble industriel est la suivante :

Usine d'extraction du plutonium	965
Dégainage des combustibles	346

(1) Ces activités spécifiques ont été évaluées à l'aide d'un IPAB dont les sondes furent étalonnées par du plutonium et du radiostrontium.

Station de traitement des effluents	410
Pile G2	130
Pile G3	62
Service de protection contre les radiations	65
Divers	7

En moyenne, chaque pièce subit deux traitements complémentaires avant d'atteindre un niveau acceptable de radioactivité résiduaire. Ce sont, dans la majorité des cas, des traitements chimiques pouvant être répartis comme suit :

NATURE DE TRAITEMENT	NOMBRE DE LOTS DE PIÈCES TRAITÉES	DURÉE DU TRAITEMENT (EN HEURES)
Bain HNO <sub>3</sub>	1 025	18 750
Bain NaOH	1 214	12 420
Bain trichloréthylène	280	2 020
Bain acide oxalique	180	880
Bain détergent	240	900
Bains divers	120	625
Traitement au « Vapor-Blast »	320	850
Divers (abrasion, traitement mécanique)	—	—

La contamination du matériel traité à l'atelier, exprimée en activité spécifique par unité de surface (X), se répartit ainsi :

Pièces contaminées par des produits de fission :	
supérieure à 5.10 <sup>-2</sup> µCi/cm <sup>2</sup>	246
comprise entre 3.10 <sup>-2</sup> et 5.10 <sup>-2</sup> µCi/cm <sup>2</sup>	381
comprise entre 2.10 <sup>-3</sup> et 3.10 <sup>-2</sup>	425
comprise entre 2.10 <sup>-4</sup> et 2.10 <sup>-3</sup>	344
inférieure à 2.10 <sup>-4</sup> µCi/cm <sup>2</sup>	189
Pièces contaminées par du plutonium : 420	

Le traitement de décontamination est plus ou moins poussé suivant la destination du matériel. Les pièces appelées à sortir du Centre pour être modifiées chez un fournisseur extérieur subissent une désactivation complète ou telle qu'elles peuvent être manipulées sans précaution.

Les directives à suivre en ce sens sont généralement précisées par le service demandeur après avis d'un spécialiste de radioprotection.

La contamination résiduelle, exprimée en activité spécifique par unité de surface, relevée sur les pièces sortant de l'atelier se répartit comme suit :

CONTAMINATION RÉSIDUELLE EN PF ET Pu (1)	NOMBRE DE LOTS DE PIÈCES
Null	486
Inférieure à 2.10 <sup>-4</sup> µCi/cm <sup>2</sup>	1 240
Comprise entre 2.10 <sup>-4</sup> et 10 <sup>-3</sup> µCi/cm <sup>2</sup>	185
Supérieure à 10 <sup>-3</sup> µCi/cm <sup>2</sup>	94

Ces résultats ne concernent qu'un petit nombre de taches localisées sur les surfaces et pour lesquelles le test du frottis a été négatif.

## ÉLÉMENTS DE RADIOPROTECTION

Les risques inhérents aux manutentions des pièces activées concernent à la fois l'irradiation et la contamination. Le personnel d'exploitation est contrôlé par un seul agent chargé de la surveillance de l'activité traversant l'atelier. Il importe de mentionner que cet atelier est exploité par des agents appartenant au Service de Protection contre les radiations et particulièrement avertis des risques radioactifs. Ce personnel a, en effet, acquis une formation dans ce domaine, au cours d'un stage au Groupe d'Intervention où il a déjà eu l'occasion de se familiariser avec les techniques de manipulation des radioéléments. Cette circonstance nous a permis d'alléger l'effectif chargé de la surveillance au profit d'autres installations et de laisser à l'initiative individuelle tout ce qui concerne la mise en application des règles personnelles d'hygiène radioactive. Rien dans l'expérience recueillie pendant cette première période d'exploitation ne permet de remettre en question ce point de vue.

L'agent de radioprotection peut donc se consacrer aux mesures de contamination et d'irradiation de caractère collectif. Il dispose pour cela d'un ensemble d'appareils de détection fixes dont les indications se trouvent rassemblées dans un tableau situé dans une cellule de contrôle séparant le vestiaire à effets personnels de celui réservé aux vêtements de travail. Le tableau groupe les informations enregistrées de 4 EAR et 7 ensembles  $\gamma$  à chambre d'ionisation. Les EAR analysent continuellement l'air prélevé en divers points de la zone active par un réseau de canalisations dont l'implantation a fait l'objet d'une étude par essais fumigènes. Ces indications sont complétées par des mesures exécutées à l'aide de matériel portatif de type classique utilisé aussi bien pour évaluer le niveau d'irradiation que pour la détection de la contamination (Babylog, IPAB, CFA, etc.).

En dehors de quelques cas d'espèce pour lesquels des techniques spéciales sont mises en œuvre, il est évident que le risque principal auquel peut être exposé le personnel résulte de la contamination, car les matériaux traités ont le plus souvent déjà subi au niveau des ensembles une décontamination, grossière certes, mais suffisante pour réduire à des valeurs acceptables l'intensité d'irradiation  $\gamma$ . Prenant conscience de

ce fait, les responsables ont particulièrement étudié l'installation de façon à limiter les incidents de cette nature.

Pour cela, il a été fait appel aux procédés de chimie par voie humide et aux démontages sous eau. Aucune pièce n'est manipulée à l'air libre sans avoir été humidifiée au préalable ou sans avoir subi un traitement qui l'a débarrassée de la contamination labile. Par ailleurs, l'expérience nous a appris qu'une ventilation très largement calculée constitue un atout majeur de sécurité.

La partie contrôlée de l'installation a été divisée en zones de gradient de radioactivité dont les usages sont scrupuleusement respectés. Le personnel ne pénètre dans la zone à risque permanent de contamination qu'équipé de surbottes et de survêtements en étoffe protégeant le vêtement classique de travail donnant accès aux ensembles actifs.

Malgré ces précautions, nous avons enregistré quelques incidents de pollution atmosphérique de faible ampleur au voisinage des cuves de traitement toutes les fois que s'est produite une défaillance du circuit de ventilation.

A ce sujet, il importe de signaler que, par économie, le circuit de ventilation des cuves avait été construit en tôle galvanisée et muni d'un condenseur et de préfiltres en mousse d'acier inoxydable. Par suite d'un fonctionnement défectueux du condenseur, les vapeurs corrosives des cuves ont gravement endommagé les gaines d'aspiration. Toute cette partie du circuit de ventilation doit être entièrement rééquipée d'éléments en acier inoxydable et le condenseur remplacé par une tour de lavage.

L'ensemble des surfaces de la zone active de la station n'a jamais présenté de contamination importante et la maintenance constante de cette partie de l'installation au-dessous des normes n'a pas demandé de très gros efforts. Ce résultat semble devoir être porté à l'actif du principe de démontage sous l'eau et au fait que les cuves de traitement sont disposées au centre d'une enceinte de travail entourée d'une murette et protégée par un caillebotis métallique.

## CONCLUSION

Telle est l'expérience recueillie sur le Centre de Marcoule en matière de décontamination. La première étape de la vie de la station, exploitée comme un atelier pilote, a été franchie avec succès. Ainsi, 549 t de matériel ont été traitées avec des frais d'exploitation ne dépassant pas 18 % de la valeur marchande des pièces reçues. Ces résultats encourageants ont été obtenus avec un effectif relativement réduit et un volume d'effluents contaminés faible. Aucun accident radioactif susceptible d'entraîner une maladie professionnelle des personnes ayant séjourné dans les zones actives de l'atelier n'est à déplorer. Ce succès doit être mis à l'actif du traitement par voie humide, principe sur lequel a été construit l'atelier.

La station va voir, dans l'avenir, sa capacité de traitement renforcée. Plusieurs nouveaux postes ont été prévus.

Il s'agit en particulier d'une table de démontage avec humidification, d'une enceinte de vapeur, d'une enceinte de sablage. Nous envisageons aussi de faire appel aux techniques électrochimiques et à celles mettant en œuvre les ultra-sons sous forme d'ondes stationnaires ou focalisées. Ces procédés conviennent aux pièces délicates d'horlogerie ou d'électromécanique dont le remplacement est très onéreux. Enfin, les résultats de cette première campagne nous ont permis de préciser les grandes lignes d'un projet d'implantation d'une seconde station spécialement équipée pour traiter du matériel plus lourd. Ce genre de décontamination n'a reçu jusqu'ici que des solutions imparfaites, plus proches d'onéreuses opérations d'intervention que de véritables traitements de type industriel.

## BIBLIOGRAPHIE

- BARRY - P. S. « Quelques considérations générales sur la décontamination chimique. Physique Sanitaire », Pergamon Press, 1958, vol. 1, 184-188.
- SAVAGE S. W. - STOCKER D. S. - Décontamination du matériel par grenailage abrasif au cours de l'expérience de refabrication », 1<sup>er</sup> avril 1959.
- WATSON et collab. « Caractéristiques de décontamination et de résistance à la corrosion de surfaces sélectionnées au laboratoire » — Oak Ridge National Laboratory, 29 août 1950, AECD 2996.
- BUSH E. S. et JOHNSON K. D. B. « Elimination de la contamination radioactive de diverses surfaces » — U.K.A.E.A. Atomic Energy Research Establishment, Chemistry Division, AERE C. R. 286.
- SAXON NAPIET E. A. Produits de nettoyage pour surfaces contaminées par des composés de métaux lourds — Brentford Soap Co. Ltd, Br. anglais n° 790 306.

## SUMMARY

### Equipment decontamination in the plutonium production center at Marcoule

*The decontamination of equipment in an atomic center is an indispensable operation when considering the cost and the difficulties of replacement. It also helps to decrease the expensive stocking of radioactive materials.*

*The decontamination of surfaces can be done by physical or chemical processes. The later processes are employed in the decontamination unit at the Marcoule Center; the installations and operations carried out there are described below.*

*Atmospheric contamination risks are extremely reduced as the work is done in a humid environment.*

*The working costs are not more than 18 % of the marketable value of the processed apparatus.*

## KURZREFERAT

### Die Entseuchung von Geräten im Plutoniumwerk von Marcoule

*Die Entseuchung der Geräte in einem Atomwerk ist ein unbedingt notwendiger Vorgang in Anbetracht der hohen Kosten und der Schwierigkeiten der Ersetzungen. Dieser Vorgang trägt auch dazu bei, die immer kostspieligen Aufspeicherungen radioaktiver Stoffe zu vermindern.*

*Die Entseuchung der Oberflächen kann auf physikalischem oder auf chemischem Wege stattfinden. Die Entseuchungsanstalt des Atomzentrums von Marcoule arbeitet chemisch; die diesbezüglichen Einrichtungen und Arbeitsverfahren werden hier beschrieben. Angesichts der Arbeitsweisen in feuchtem Medium besteht hier kaum die kleinste Gefahr die Atmosphäre zu verseuchen.*

*Die Verfahrungskosten übersteigen nicht 18 % des Wertes der behandelten Geräte.*



**FIN**