

RAPPORT INTERNE

20 années d'exploitation du laboratoire $\alpha\beta\gamma$

G. Samsel

Communication présentée à l'occasion de la réunion plénière 1989
du Groupe de travail
"Laboratoires chauds et télémanipulation"
à Karlsruhe, les 27 et 28 septembre 1989

Sommaire

1. Introduction
2. Les principales options conceptuelles
3. Analyse critique des caractéristiques techniques essentielles du laboratoire :
 - 3.1 les cellules de haute activité à caissons mobiles
 - 3.2 la cellule de démantèlement et d'essais non destructifs
 - 3.3 les cellules de moyenne activité
 - 3.4 les techniques de transferts
 - 3.5 les télémanipulateurs et leurs systèmes d'étanchéité
 - 3.6 l'installation de décontamination
4. Conclusions

Table des figures et annexes :

Fig.

1. Plan du laboratoire $\alpha\beta\gamma$
2. Coupe verticale d'une cellule de haute activité avec caisson α
3. Cellules de haute activité: tunnel avec machine de manutention et cellules de décontamination
4. Cellule de démantèlement et d'essais non destructifs
5. Coupe verticale d'une cellule de moyenne activité
6. Cellule de moyenne activité avec caisson d'intervention
7. Pince étanche PEL-Karlsruhe
8. Statistiques de maintenance des télémanipulateurs "maître-esclave"
9. Plan et coupe verticale des cellules de décontamination
10. Doses annuelles reçues par les agents du groupe de décontamination.

1. Introduction

La mise en service des premières cellules du laboratoire $\alpha\beta\gamma$ de l'Institut date de 1966. Initialement conçu comme laboratoire d'examen post-irradiation de combustibles pour réacteurs rapides, celui-ci s'est transformé au cours des années, parallèlement à l'évolution des programmes de recherche de l'Institut, en un laboratoire polyvalent. En effet, les examens de combustibles avancés pour réacteurs rapides (carbures, puis nitrures) doivent y être actuellement effectués de pair avec ceux concernant des combustibles d'origines très diverses, et cela lors de travaux menés dans le cadre de programmes tels que la Sûreté des Réacteurs, les Déchets Nucléaires, les "Safeguards" et, le cas échéant, lors de contrats de "travaux pour tiers".

En dépit de cette évolution, non prévue lors de la conception initiale du laboratoire, celui-ci a pu s'acquitter jusqu'à présent des tâches qui lui ont été confiées. Dans le futur, un certain nombre de réaménagements s'avèreront cependant nécessaires, notamment pour l'exécution des examens non destructifs d'éléments de grande longueur.

Le présent rapport se propose d'examiner, avec le recul de plus de vingt années d'expérience, de quelle manière se sont comportées les options techniques fondamentales choisies au moment de la conception du laboratoire, ainsi que les mesures prises ou à prendre pour en assurer à l'avenir une exploitation à la fois sûre et satisfaisante sur le plan technique et scientifique.

2. Les principales options techniques conceptuelles

Avant la présentation des caractéristiques essentielles du laboratoire, un bref rappel historique s'avère intéressant.

En effet, pratiquement simultanément avec ce laboratoire ont été conçus et construits deux autres laboratoires semblables en Europe :

- les cellules chaudes (Heiße Zellen) du Kernforschungszentrum Karlsruhe
- le laboratoire de Radiometallurgie (RM II) à Fontenay-aux-Roses.

Chacun de ces laboratoires, dont la finalité, sur le plan des examens scientifiques qui devaient y être effectués, était similaire, avait au départ par rapport aux deux autres un certain nombre de particularités dont les plus significatives étaient les suivantes :

- pour le laboratoire du KfK :
des cellules en béton avec des télémanipulateurs "Maître-esclave" étanches
- pour RM II :
des cellules avec caissons mobiles et télémanipulateurs à transmission magnétique.
- pour le laboratoire de l'Institut :
des cellules avec caissons mobiles équipés de télémanipulateurs rendus étanches au moyen de bootings ainsi que l'utilisation de la technique du double-couvercle pour l'ensemble des transferts.

3. Analyse critique des principales caractéristiques techniques du laboratoire

Alors que les techniques de télémanipulation et de confinement tendent de plus en plus à être très semblables dans les différents laboratoires chauds, les options conceptuelles de base citées ci-dessus assurèrent longtemps une certaine originalité non contestée à ce laboratoire.

Les points caractéristiques qui seront soumis dans ce rapport à une analyse critique sont les suivants :

- . les cellules de haute activité à caissons mobiles
- . la cellule de démantèlement et d'essais non destructifs
- . les cellules de moyenne activité
- . les techniques de transfert
- . les télémanipulateurs et leur système d'étanchéité
- . l'installation de décontamination.

Etant donné que les installations de ce laboratoire (Fig. 1) ont fait l'objet de publications antérieures ainsi que de discussions dans le cadre de ce Groupe de travail, celles-ci ne

feront plus dans ce rapport l'objet de descriptions détaillées, un renvoi à quelques figures caractéristiques permettant la compréhension du texte.

3.1 Les cellules de haute activité à caissons mobiles (Fig. 2, 3)

Elles sont affectées principalement à toute la gamme des travaux de radiométrie allant du découpage des aiguilles combustibles jusqu'aux examens au microscope optique; ces types d'examen classiques sont complétés depuis quelques années par des investigations beaucoup plus sophistiquées du combustible.

A l'origine, l'utilisation d'un caisson mobile dans ces cellules devait essentiellement

- permettre d'effectuer sa décontamination dans une enceinte spécialement équipée pour ce genre de travail,
- abréger l'immobilisation de ces cellules en cas de changement d'affectation par le fait de pouvoir disposer d'un caisson de réserve susceptible d'être équipé à l'avance avec un nouvel appareillage technique ou scientifique.

Au vu des longues années d'exploitation, il s'est avéré que ces caissons ont été moins "mobiles" que prévu initialement; en effet la durée moyenne de maintien en service d'un caisson se situe aux alentours de 10 années (avec un record pour le caisson de conditionnement des déchets de 22 ans). La conception judicieuse de certains équipements par les utilisateurs scientifiques du laboratoire est une des causes majeures de cette "longévité", la pénurie de personnel d'exploitation en est certainement une autre, également non négligeable. Si le facteur rapidité de mise en place de nouveaux équipements, n'a donc pas joué le rôle déterminant prévu, le fait de pouvoir décontaminer les caissons dans une enceinte spécialement équipée s'est révélé très positif. En effet, bien que cette installation de décontamination, soit encore susceptible de nombreuses améliorations, elle a cependant permis de remettre dans le circuit d'exploitation du laboratoire des caissons décontaminés au point de pouvoir les rééquiper sans que leur accès ne soit l'objet d'une quelconque mesure restrictive de la part du Service de Radioprotection. Ce point est particulièrement important, car étant donné la complexité croissante des équipements scientifiques à y installer - les fours à chauffage direct ou à induction pour l'étude des produits de fission volatils présentés antérieurement par M. Coquerelle dans le cadre de ce groupe de travail, en constituent un bon exemple - ceux-ci exigent de longs essais de mise au point à froid qu'il serait excessivement difficile, voire impossible à effectuer dans des enceintes où le port du masque respiratoire serait rendu obligatoire du fait d'une décontamination seulement approximative. Parallèlement à cet avantage déterminant, apprécié à sa juste mesure par le personnel d'exploitation scientifique, les autres aspects caractéristiques liés à l'usage de ces caissons passent un peu à l'arrière-plan :

- le fait de ne pouvoir disposer dans ces caissons que d'une surface de travail relativement réduite n'a jamais été ressenti comme un handicap sérieux, celle-ci correspondant très sensiblement au champ d'utilisation optimal des télémanipulateurs,
- l'insuffisance de la capacité de levage de ces mêmes télémanipulateurs a été compensée dans tous les caissons - après leur première décontamination - par l'installation d'un treuil électrique pouvant balayer l'ensemble du plan de travail.
- la bonne étanchéité des caissons (taux de fuite inférieur à 0,1 %) permet d'y maintenir une atmosphère inerte de bonne qualité (moins de 0,5 % d'oxygène, quelques ppm de vapeur d'eau).

La présence d'analyseurs d'oxygène individuels pour chaque caisson autorise en outre un contrôle permanent de cette étanchéité.

3.2 La cellule de démantèlement et d'essais non destructifs (Fig. 4)

Cette cellule, placée en bout de la chaîne des cellules de haute activité, décrite ci-dessus, devait initialement être affectée aux seuls travaux suivants:

- le déchargement des containers de transport des combustibles irradiés
- le démantèlement de dispositifs d'irradiation
- les examens non destructifs d'aiguilles combustibles d'une longueur inférieure à 2 m
- l'introduction de ces aiguilles dans le caisson de tronçonnage

- l'évacuation des déchets en provenance de l'ensemble des cellules de haute activité, sous forme de colis du "type $\beta\gamma$ " (c'est-à-dire avec une contamination extérieure α , la plus réduite possible).

Compte tenu de ce programme de travail, il n'a pas été jugé nécessaire au moment de sa construction d'exiger pour cette cellule le même degré d'étanchéité que pour les caissons α . Plus précisément, le système de ventilation ne devait y maintenir qu'une étanchéité dynamique.

Pendant plus d'une dizaine d'années, cette philosophie d'exploitation correspondant à celle de tous les laboratoires $\beta\gamma$ de l'époque a été respectée : la contamination α a été maintenue à un niveau relativement bas, les interventions en cellule pour la réparation et la maintenance de ses équipements ainsi que les différents transferts ont pu de ce fait se dérouler avec un maximum de facilités.

Depuis quelques années, la situation est devenue moins favorable et cela essentiellement pour deux raisons très différentes :

- le niveau de contamination α de la cellule n'a cessé d'augmenter en raison de la manipulation de plus en plus fréquente de combustibles aux gaines endommagées.
- l'augmentation considérable du prix des déchets provenant des cellules à haute activité (transitant par cette cellule) en raison d'un mauvais remplissage des fûts de stockage de 200 l (dû essentiellement à la géométrie défavorable des poubelles utilisées)

Par ailleurs, le programme de travail du laboratoire évoluant de plus en plus vers l'examen de combustibles de grande longueur, pour lesquels les appareillages scientifiques disponibles ne sont pas adaptés, il a été décidé de soumettre l'ensemble de cette cellule à une rénovation complète.

Cette opération est actuellement en cours : la remise en service de la cellule est prévue pour début 1990. Elle a débutée par une décontamination complète de la cellule comprenant notamment l'évacuation du caisson de conditionnement des déchets après une période d'exploitation continue de plus de 22 ans.

Sans entrer dans les détails de cette opérations, il convient cependant d'en mentionner quelques aspects particuliers:

- le transfert du caisson vers l'installation de décontamination a été effectué en moins de 6 heures; la dose globale à laquelle a été soumise l'équipe des décontamineurs a été inférieure à 1,2 mSv
- la décontamination de la cellule $\beta\gamma$ elle-même a exigé l'intervention de 4 personnes pendant 4 semaines, la dose globale imposée au personnel a été de l'ordre de 7,3 mSv.

Les modifications qui seront apportées aux différents équipements de la cellule concernent essentiellement les points suivants:

- le caisson α de conditionnement des déchets sera équipé d'un appareillage de compactage des déchets et d'un nouveau système d'évacuation des déchets: le meilleur remplissage des fûts de stockage de 200 l (effectué par le service spécialisé du Kernforschungszentrum de Karlsruhe à partir des containers α livrés par le laboratoire) permettra vraisemblablement de réduire le coût des déchets du laboratoire de près de 40 %.
- les équipements d'examens non destructifs seront modernisés et surtout adaptés à la géométrie des futurs combustibles à examiner.

De plus et cela pour éviter au maximum à l'avenir les problèmes dus à une contamination α intolérable dans ce type de cellules, un mécanisme de découpage au laser d'éléments de grande longueur associé à un dispositif d'obturation des parties découpées est en cours d'étude et sera installé prochainement.

3.3 Les cellules de moyenne activité (Fig. 5, 6)

Ces cellules ont été initialement conçues pour des travaux traditionnels de radiochimie, tels que la détermination des produits de fission et du taux de combustion. Au fil des années les utilisateurs de ces cellules ont été conduits à y diversifier les activités, particulièrement dans le cadre des travaux à effectuer pour le compte du projet "Safeguards". Bien plus cependant que ces changements d'affectation des cellules, la manipulation de quantités importantes d'éléments transplutoniens s'est répercutée sur les problèmes d'exploitation technique par l'augmentation considérable de l'activité α qui en a résultée.

De par leur conception, ces cellules ont une configuration traditionnelle; leur originalité réside dans le grand système de double-couvercle rectangulaire qui les équipe sur la face arrière et qui permet à la fois l'évacuation des équipements par l'intermédiaire d'un caisson mobile et l'intervention humaine en scaphandre, du type "Scalhène", au moyen d'un caisson d'intervention.

En l'absence d'un confinement α mobile, ces cellules doivent donc être décontaminées sur place: l'expérience a montré qu'une telle pratique est viable tant que les appareillages scientifiques sont conçus de telle manière que leurs composants les plus irradiants peuvent en être évacués avant l'entrée en lice du personnel décontamineur. Les différents systèmes de transferts, abordés ultérieurement dans ce rapport, ont contribué à la réussite de cette conception d'exploitation.

Les difficultés survenues dans ces cellules concernent essentiellement les réseaux de fluides ainsi que les problèmes de corrosion :

- les effluents de cette chaîne de cellule devaient être à l'origine évacués par containers blindés du type Cendrillon. L'abandon de cette technologie par le Kernforschungszentrum de Karlsruhe (qui traite ou stocke les effluents du laboratoire) a conduit très rapidement à mettre au point une technique de solidification (par fixation sur du ciment) et d'évacuer ces déchets sous forme solide.
- les eaux de décontamination et de rinçage des installations devaient y être collectées au moyen d'une canalisation en polyéthylène vers une station de stockage transitoire dans le sous-sol du laboratoire. L'usage intempestif de cette canalisation pour le déversement d'effluents non neutralisés et de surcroît trop actifs a conduit à son vieillissement et finalement à sa rupture. Un incident de contamination, heureusement sans suites majeures pour le laboratoire, en a résulté.
- les problèmes de corrosion inhérents aux travaux de chimie, et cela malgré les efforts des exploitants pour en minimiser les effets, ont surtout été sensibles au niveau des traversées électriques vers le confinement α : , une grande opération de rénovation de ces cellules est d'ores et déjà planifiée pour les prochaines années au cours de laquelle l'ensemble de l'équipement électrique sera renouvelé.

3.4 Les techniques de transferts

Dans un laboratoire $\alpha\beta\gamma$, elles conditionnent pour une large part la réussite technique de son exploitation.

Dans ce laboratoire, et cela depuis sa mise en service, les systèmes suivants ont été utilisés:

- pour les dimensions et configurations usuelles, (diamètres variant de ~ 100 à ~ 300 mm), le système de joints à lèvres mis au point en France ainsi que celui à joints plats commercialisé en Allemagne sont couramment utilisés.
- pour les fûts de déchets (diamètre 560 mm) seul le système allemand (cela pour des raisons évidentes de cohérence avec les installations du Kernforschungszentrum de Karlsruhe) est en service
- pour les transferts de grandes dimensions et des ouvertures rectangulaires (notamment à l'arrière des cellules de moyenne activité) un système spécial a été conçu et mis au point par l'équipe de maintenance du laboratoire.

Pour autant qu'il s'agisse de manipuler des combustibles conventionnels au Pu, l'expérience a montré que l'ensemble de ces systèmes est valable à condition de respecter quelques règles élémentaires dont les plus importantes sont les suivantes :

- assurer un positionnement relatif du système double-couvercle et de l'enceinte mobile utilisée pour le transfert le plus exact possible : des rails de guidage employés systématiquement ont donné d'excellent résultats dans le laboratoire.
- éviter l'accumulation de la contamination (inévitables sur les joints) au cours des opérations successives.

Le dernier point mentionné ci-dessus prend une importance considérable dès que le degré de contamination des cellules dépasse le seuil usuel par suite de la manipulation d'éléments transplutoniens, dont l'activité spécifique dépasse de loin celle du plutonium. Dans ce cas, les limites des systèmes de double-couvercle actuellement en service deviennent évidentes, au point de devoir y apporter des améliorations fondamentales quant à la contamination rémanente, ou moins de reporter ces systèmes à l'arrière des protections biologiques de manière à les rendre accessibles pour une décontamination

fréquente. Les deux voies indiquées semblent aussi difficiles à suivre l'une que l'autre, particulièrement dans un laboratoire existant.

3.5 Les télémanipulateurs et leur système d'étanchéité.

Lorsqu'en 1962, il fut décidé d'équiper ce laboratoire de télémanipulateurs "Maître-esclave" avec booting, cette technique était loin d'être incontestée par les exploitants des laboratoires chauds.

Il est inutile de revenir sur les détails de l'évolution du système d'étanchéité (Fig. 7) actuellement en service sur les télémanipulateurs de ce laboratoire, car ce dernier a fait l'objet de discussions antérieures dans le cadre de ce Groupe de travail.

A l'heure actuelle, dans ce laboratoire où sont pourtant utilisés plus de 60 télémanipulateurs "Maître-esclave", il n'y a pas de "problèmes télémanipulateurs", que ce soit au niveau du personnel scientifique soucieux de disposer d'un matériel en permanent état de marche, ou que ce soit au niveau de la Radioprotection veillant à ce que les doses reçues par les deux agents du groupe de maintenance de ce matériel soient les plus réduites possibles.

Ce rapport ne se propose nullement d'essayer de convaincre les farouches défenseurs de l'utilisation des télémanipulateurs étanches des avantages de la technologie des bootings mais simplement de présenter un bilan s'étendant sur de nombreuses années d'exploitation (Fig. 8).

A titre de précisions complémentaires, il convient de mentionner que le prix d'un booting équipé de sa pince étanche (consommable) est d'environ 1.500 DM et que les doses reçues par les deux agents du groupe de maintenance des télémanipulateurs se situent à moins de 1 mSv/an.

Malgré ce bilan positif, ce groupe ne cesse d'améliorer ou d'adapter son matériel aux exigences du personnel scientifique : parmi les réalisations qui risquent d'intéresser des collègues d'autres laboratoires, le booting pour manipulateur "extended reach" mérite une mention particulière.

3.6 L'installation de décontamination (Fig. 9)

Située dans le prolongement des cellules de haute activité, elle a été conçue en priorité pour la décontamination des caissons de ces cellules, puis du matériel actif en provenance de l'ensemble du laboratoire, voire de l'Institut (surtout en ce qui concerne les boîtes à gants désaffectées).

L'accès du matériel actif se fait

- par le tunnel au moyen d'une machine de manutention pour les caissons des cellules de haute activité (la télécommande de cette machine, parce que jusqu'à présent non encore nécessaire, n'a pas pu justifier le prix de son investissement, élevé (!) en 1965)
- par un grand système rectangulaire de double couvercle pour le matériel en provenance des cellules de moyenne activité
- par des trappes de plafond pour le restant du matériel à décontaminer.

Les deux cellules blindées disposent, pour le démantèlement, d'un télémanipulateur de puissance associé à un engin de levage et de télémanipulateur "Maître-esclave" en cas de besoin. Elles sont équipées en outre d'un appareillage à découper au plasma ainsi que d'un dispositif de nettoyage par jet d'eau à haute pression.

Jusqu'à ces dernières années, et cela essentiellement pour remédier à la mauvaise décontaminabilité de l'acier inoxydable des caissons et également pour réduire les quantités d'effluents actifs, l'ensemble des caissons et des cellules a été muni d'une couche de peinture pelable avant mise en service actif. Cette technique a donné dans l'ensemble des résultats satisfaisants sauf pour certains cas où l'activité γ de l'enceinte a entraîné lors de sa décontamination des doses élevées pour le personnel.

Le laboratoire essaye de ce fait de s'orienter de plus en plus vers des procédés de décontamination susceptibles d'être employés en télécommande tels que l'électropolissage - séduisant dans son principe, sa mise en oeuvre crée très rapidement des problèmes relatifs aux déchets liquides qu'il engendre ou à la résistance et au comportement des installations de ventilation face aux inévitables vapeurs acides

produites. Par ailleurs l'électropolissage a posteriori de caissons, même prédécontaminés pose des problèmes difficiles à résoudre.

En dépit des nombreuses améliorations qui devront encore être apportées à l'automatisation des procédures de décontamination afin de réduire encore davantage les doses reçues par le personnel, le bilan peut, de ce point de vue particulier, être considéré comme relativement satisfaisant eu égard aux effectifs du groupe de décontamination (Fig. 10).

4. Conclusions

Ce bref bilan de plus de 20 années d'exploitation du laboratoire $\alpha\beta\gamma$ de l'Institut des Transuraniens peut être considéré comme positif dans son ensemble.

Les principales options prises au moment de sa conception se sont révélées judicieuses, à savoir - par ordre d'importance - le choix

- . de la technique des bootings pour les télémanipulateurs, satisfaisant aussi bien sur le plan de la sécurité que sur celui de l'exploitation, tant pour le personnel scientifique que pour le personnel de maintenance
- . des caissons α amovibles dans les cellules de haute activité pour la flexibilité qui en découle pour l'exploitation scientifique du laboratoire
- . des double-couvercles pour l'ensemble des transferts, confirmé par le nombre extrêmement réduits d'incidents de contamination même lors de travaux sur des quantités notables d'éléments transplutoniens.

En dépit de nombreux points positifs qui ont facilité jusqu'à présent l'exploitation de ce laboratoire, il convient également de mentionner ceux, sinon faibles, mais du moins susceptibles d'améliorations dans un avenir plus ou moins proche :

- un meilleur compactage et conditionnement des déchets des cellules de haute activité sous peine de voir les coûts d'exploitation atteindre des niveaux prohibitifs
- le développement de nouvelles méthodes de décontamination à distance pour diminuer encore plus les doses à imposer au personnel décontamineur.
- le perfectionnement continu des systèmes de double-couvercle pour augmenter la sûreté des procédures de transfert.

Remerciements

L'exploitation technique d'un laboratoire chaud étant essentiellement un travail d'équipe, nous tenons à remercier à cette occasion l'ensemble du groupe $\alpha\beta\gamma$ des Services Techniques de l'Institut pour le travail effectué au cours des dernières années, non sans mettre plus particulièrement en exergue les performances de MM. E. Ferring, J. Karman, H. Stirm. La collaboration active du Service de Radioprotection mérite également d'être citée avec une mention spéciale à M. A. Bier pour son dévouement de tous les instants à la cause du laboratoire.

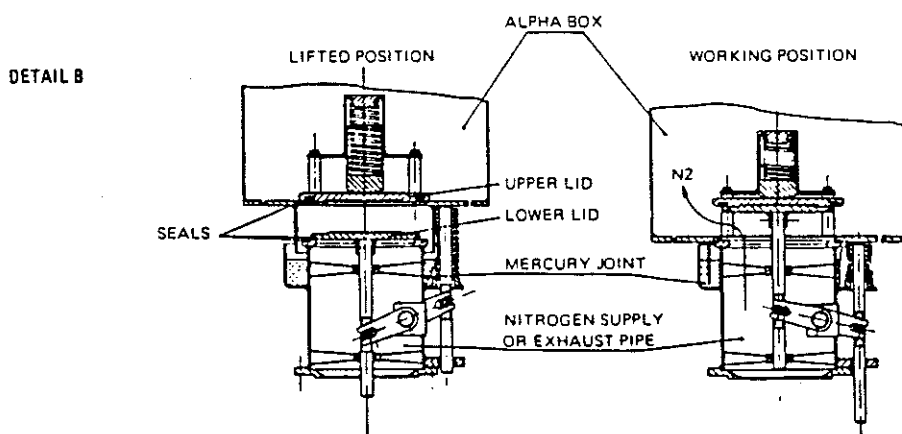
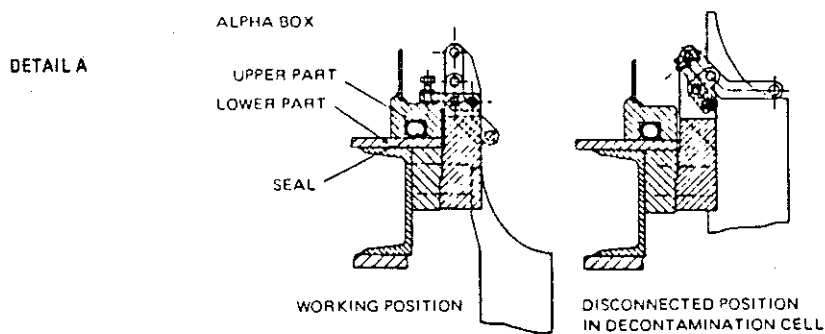
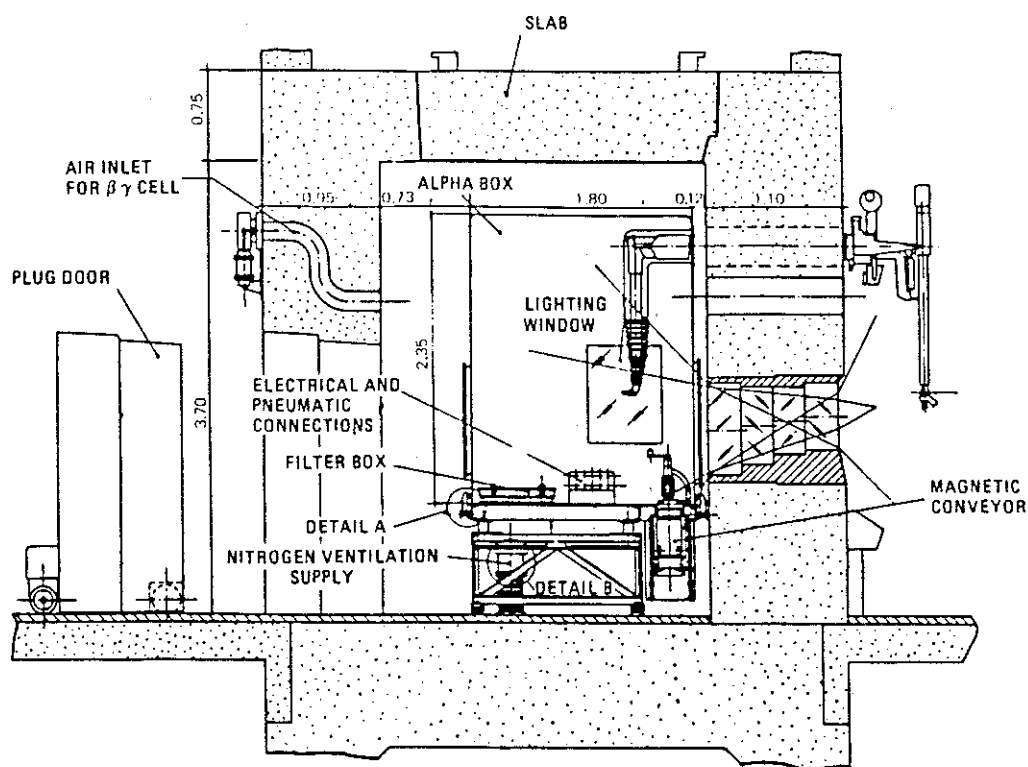


Fig. 2 Coupe verticale d'une cellule de haute activité

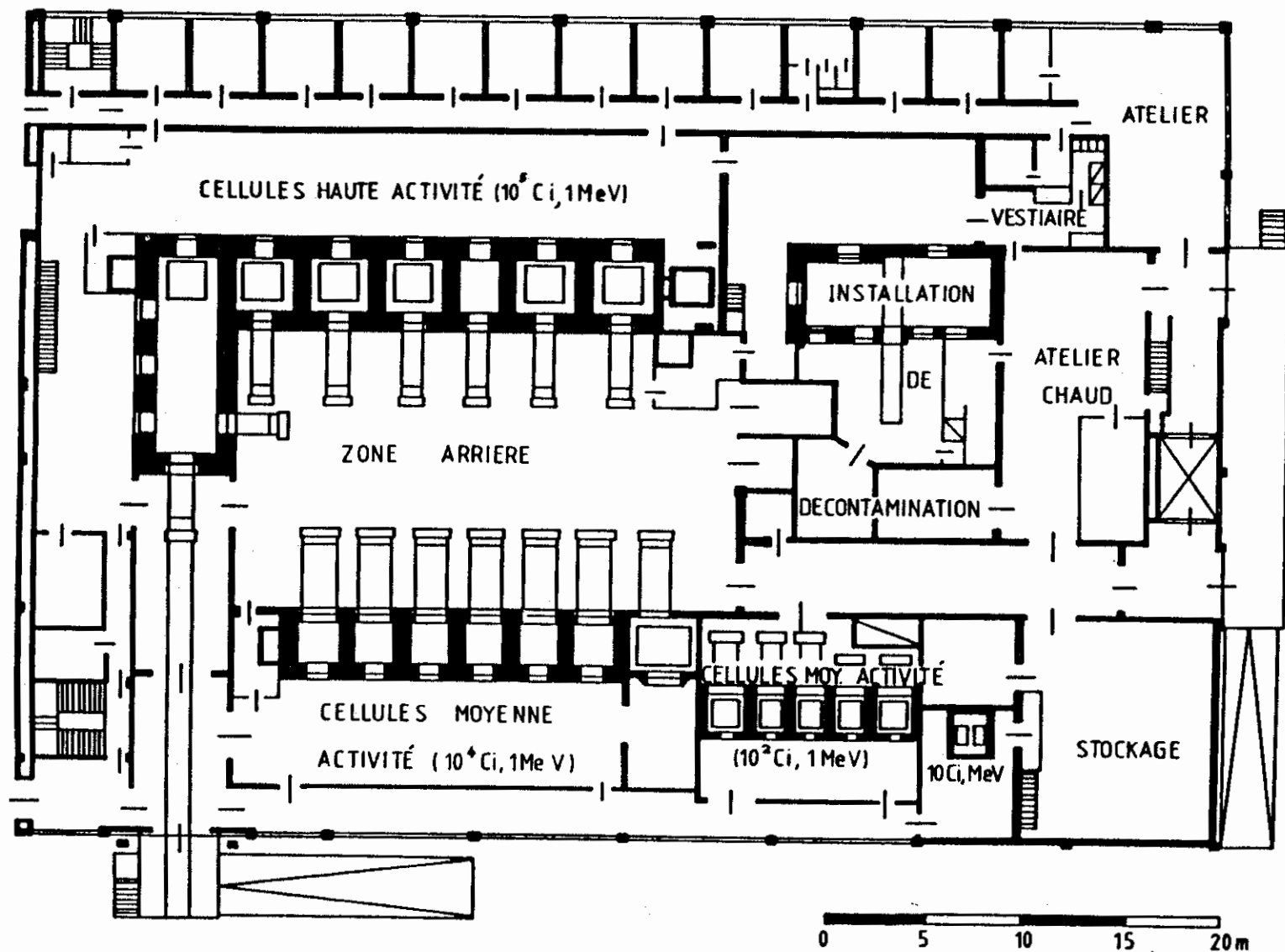
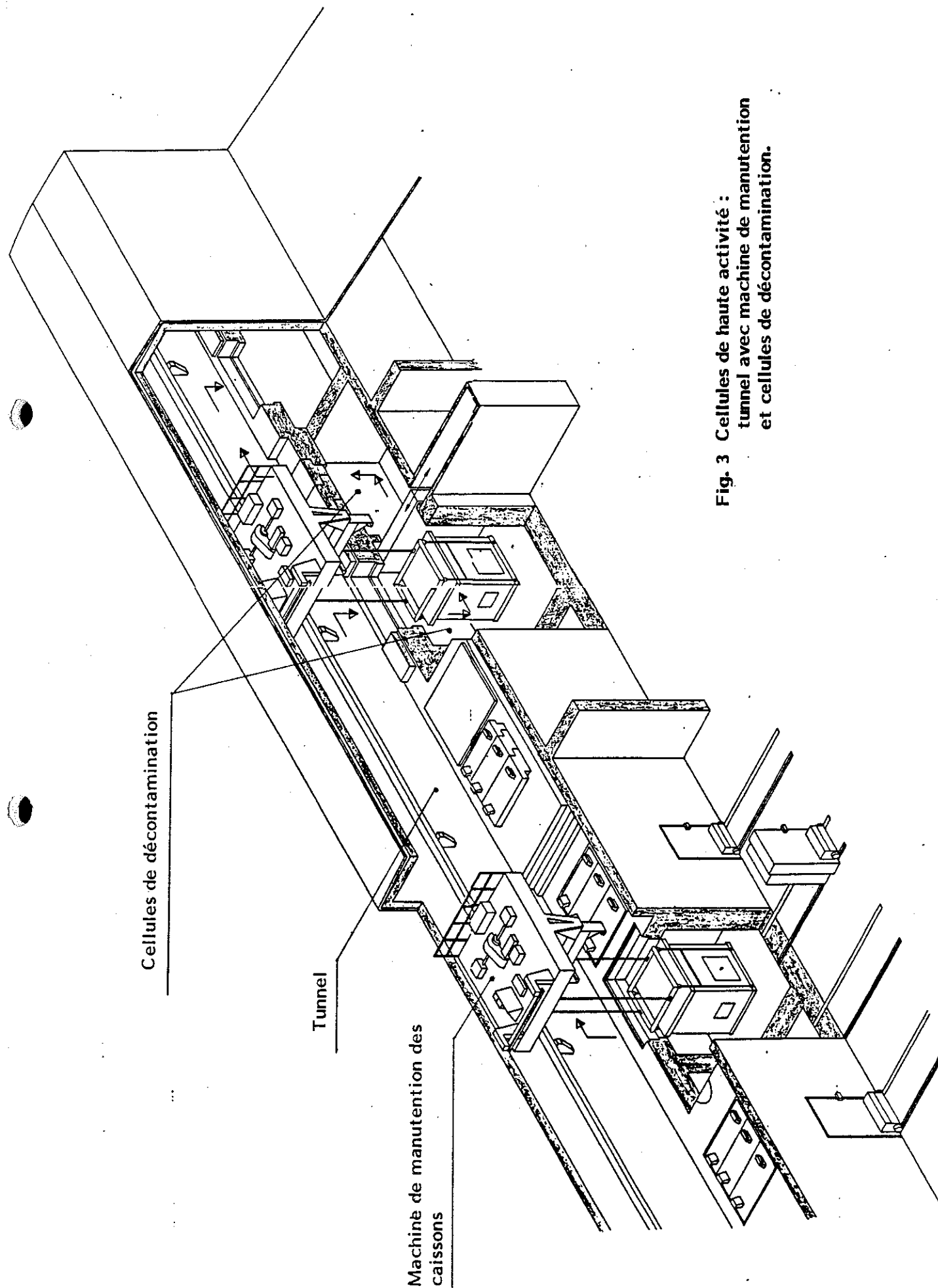


Fig. 1 Plan du laboratoire $\alpha\beta\gamma$



Cellules de décontamination

Tunnel

Machine de manutention des caissons

Fig. 3 Cellules de haute activité : tunnel avec machine de manutention et cellules de décontamination.

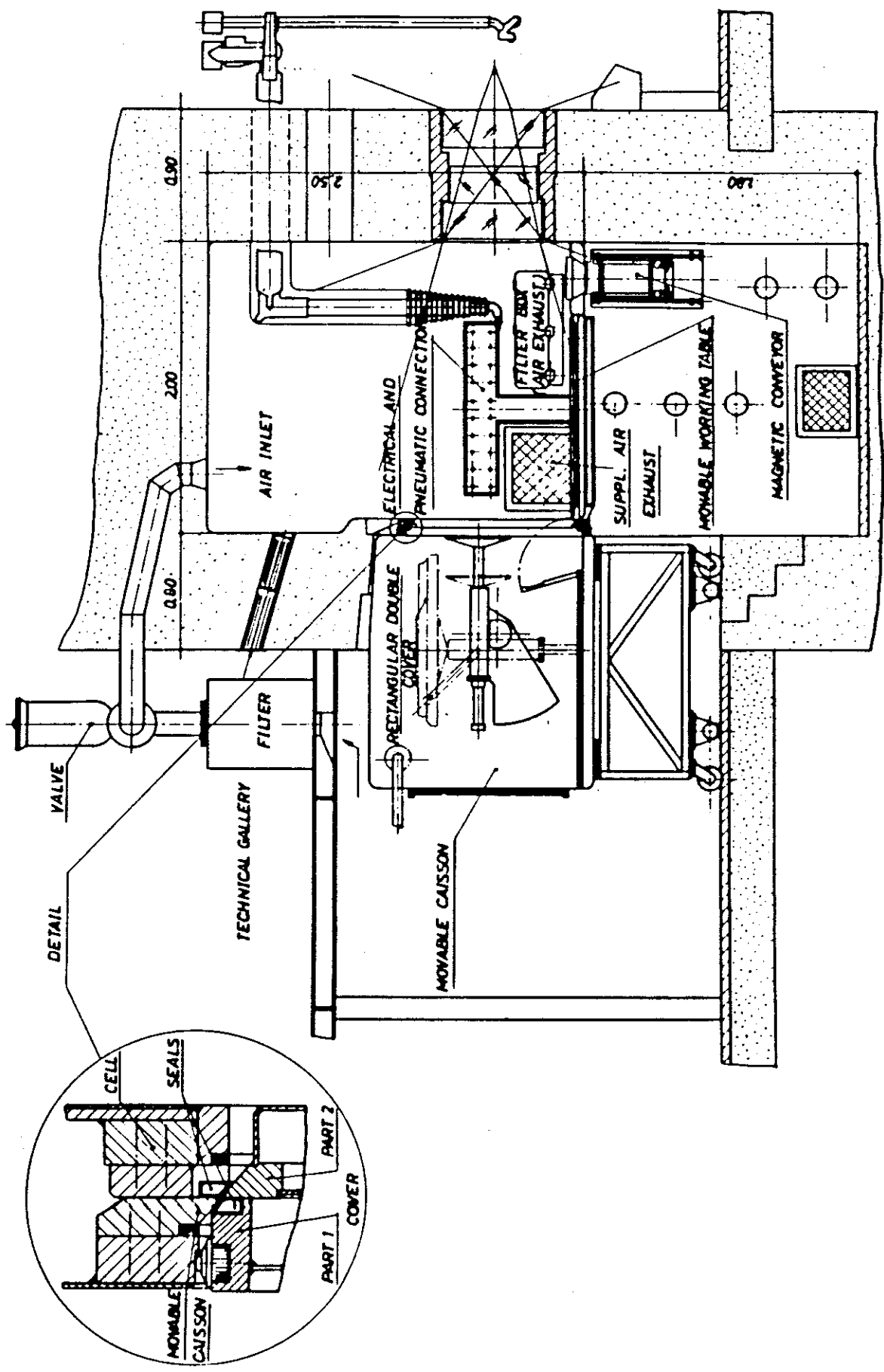


Fig. 5 Coupe verticale d'une cellule de moyenne activité

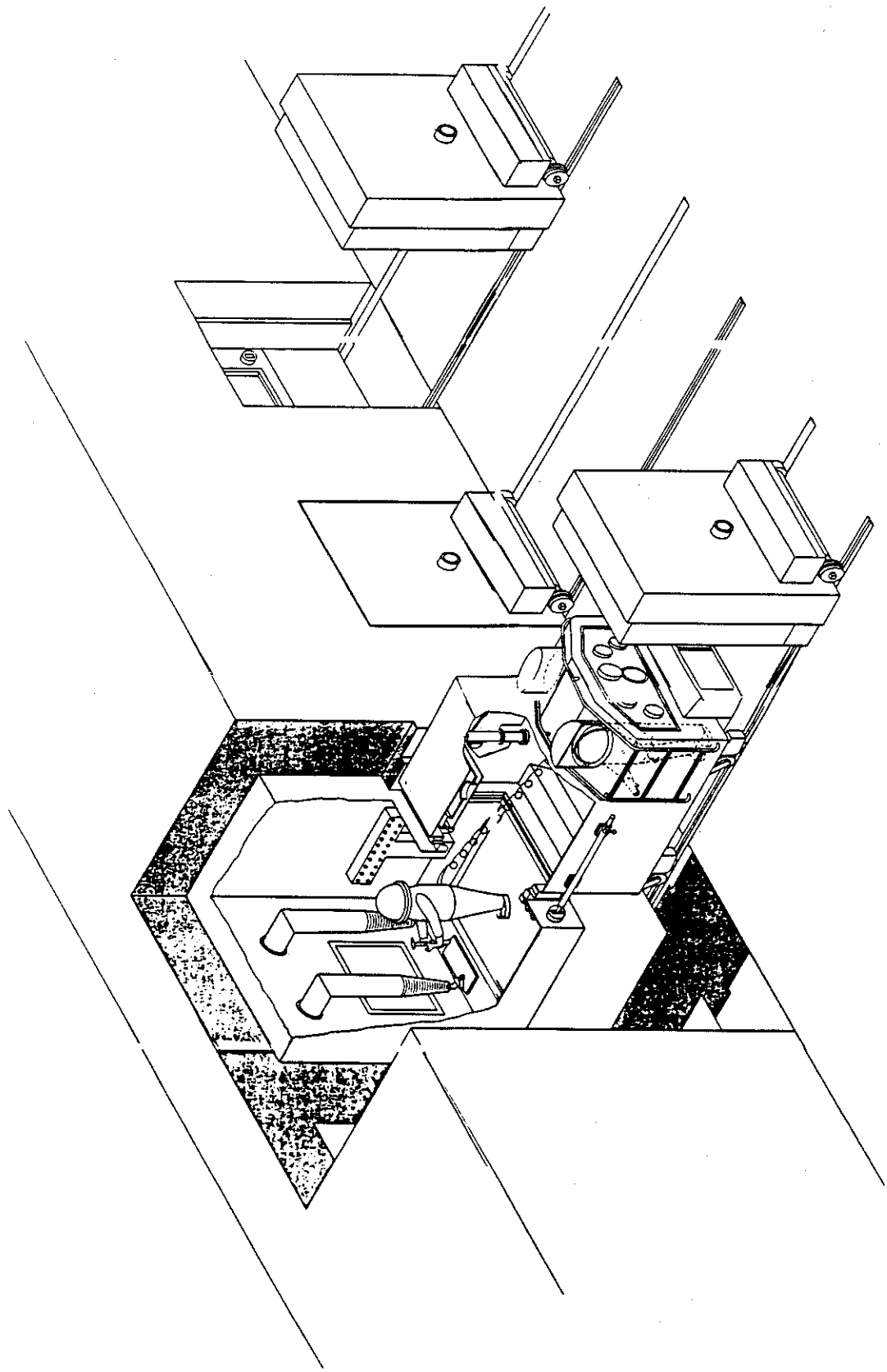
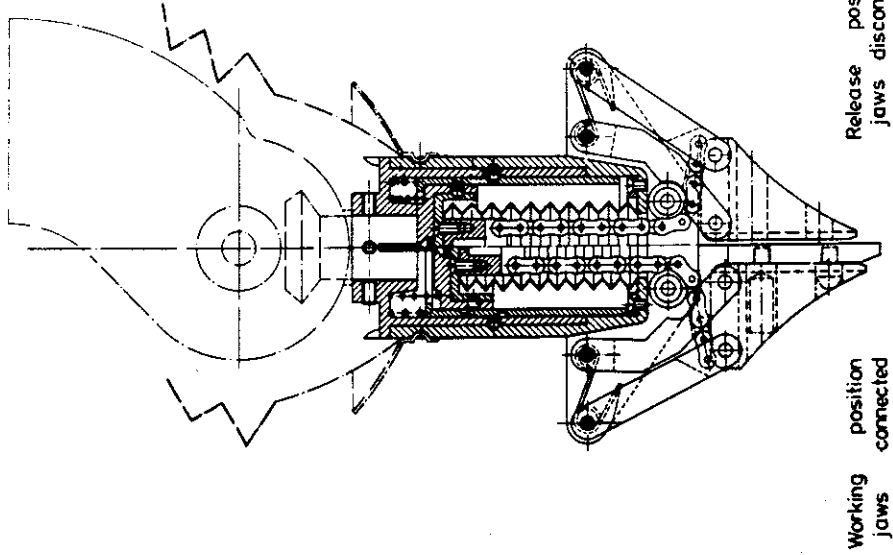


Fig. 6 Cellule de moyenne activité avec caisson d'intervention

Slave arm connection to tong body



Booting with tong body

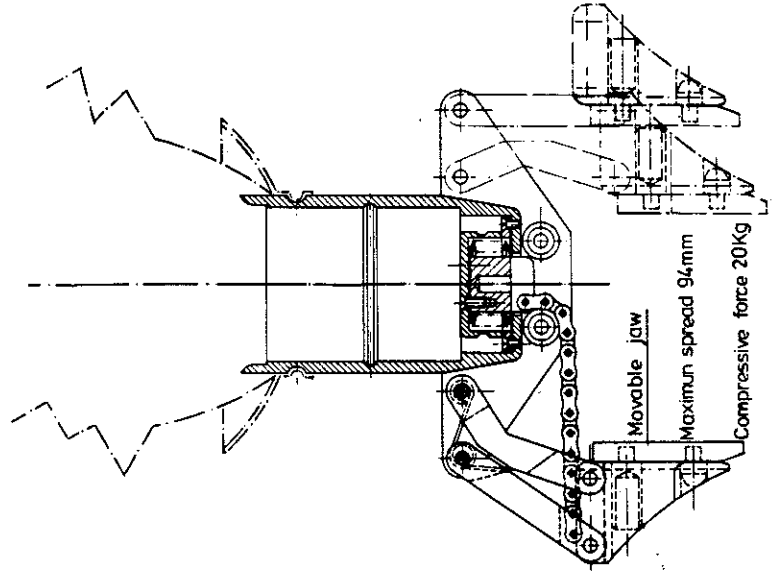
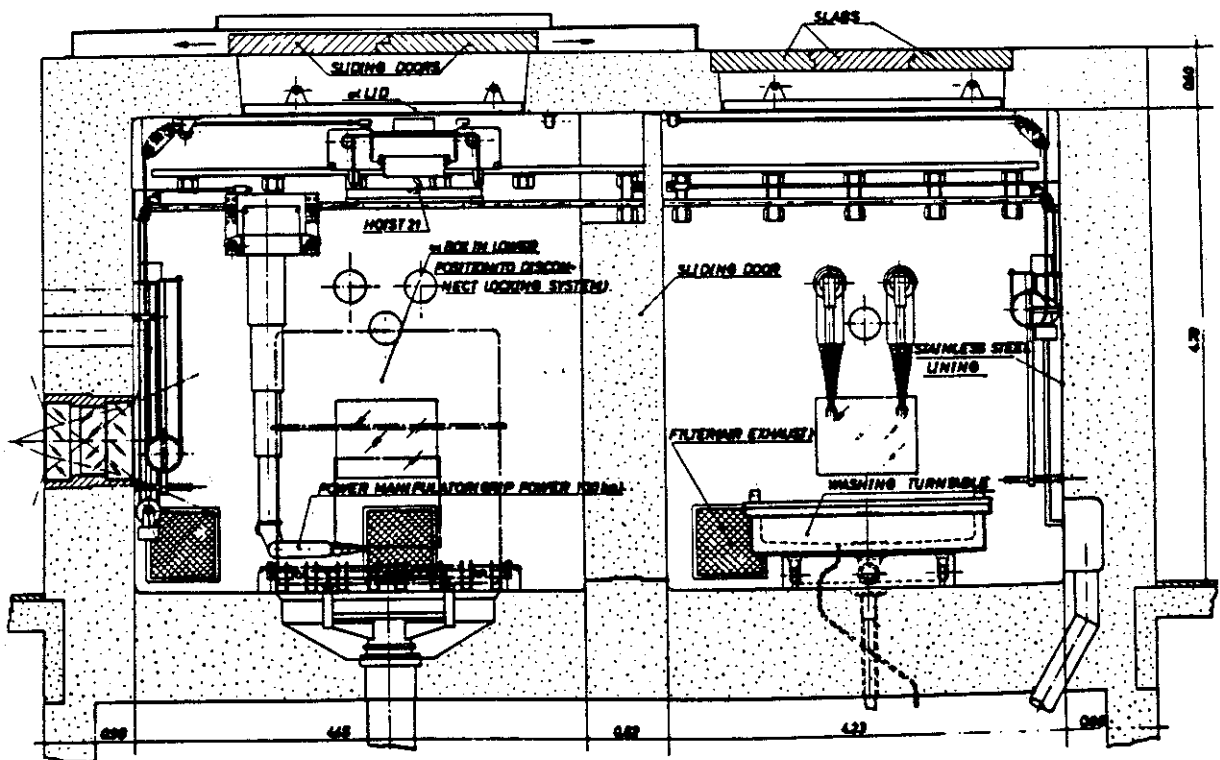
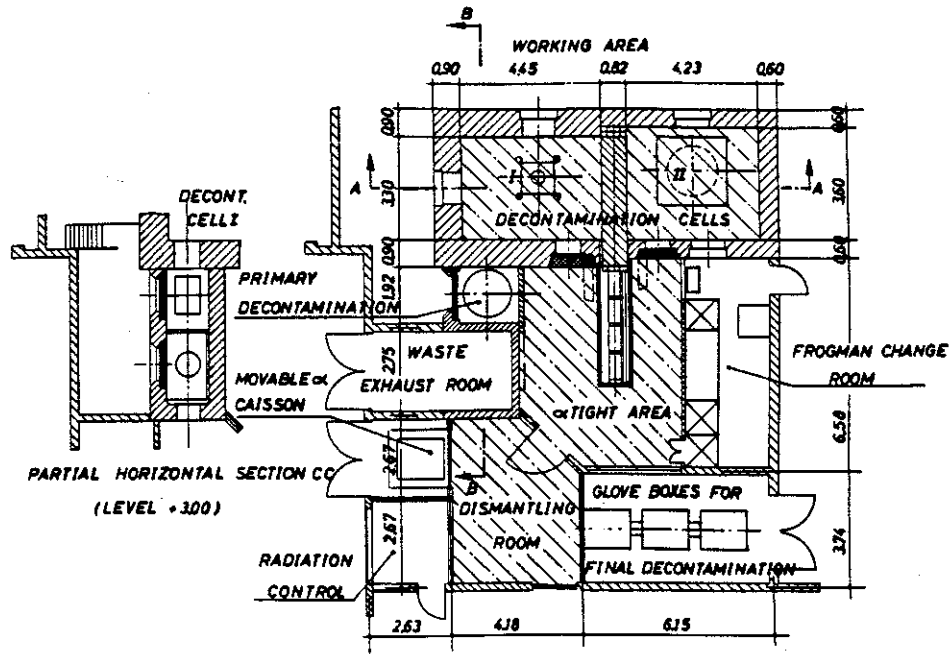


Fig. 7 Pince étanche PEL-Karlsruhe

Télémanipulateurs		M8/M9 + Ext. reach				MA 11				M 7			
Pince		PEL-Karlsruhe				PEM - La Calhène				PEM - La Calhène			
Opérations de maintenance		Contamination				Contamination				Contamination			
		aucune	légère	imp.		aucune	légère	imp.		aucune	légère	imp.	
1978	Télémanipulateurs en service:	34				18				2			
	Retraits . pour réparations mécaniques . pour remplacement booting (âge, défaut.)	10	10	-	-	9	9	-	-	5	5	-	-
		5	2	3	-	4	4	-	-	-	-	-	-
	15	12	3	-	13	13	-	-	5	5	-	-	
1983	Télémanipulateurs en service:	38				18				2			
	Retraits . pour réparations mécaniques . pour remplacement booting (âge, défaut.)	15	15	-	-	2	2	-	-	-	-	-	-
		14	9	4	1	10	9	1	-	2	2	-	-
	29	24	4	1	12	11	1	-	2	2	-	-	
1988	Télémanipulateurs en service:	41				21				2			
	Retraits . pour réparations mécaniques . pour remplacement booting (âge, défaut.)	9	9	-	-	2	2	-	-	-	-	-	-
		6	5	1	-	13	12	1	-	-	-	-	-
	15	14	1	-	15	14	1	-	-	-	-	-	

Fig. 8 Statistiques de maintenance des télémanipulateurs "Maître-esclave"



Coupe verticale A-A

Fig. 9 Cellules de décontamination

Année	Nombre d'agents	Doses totales (mSv)		Doses moyennes (mSv)		Dose de l'agent le plus exposé (mSv)	
		beta	gamma	beta	gamma	beta	gamma
1979	5	17,60	38,10	3,52	7,62	11,40	14,60
1980	5	15,40	18,00	3,08	3,60	8,60	5,40
1981	5	29,20	42,80	5,84	8,56	8,60	14,60
1982	5	17,80	14,60	3,56	2,92	6,80	4,60
1983	4	24,40	21,0	6,1	5,25	13,80	10,80
1984	4	13,60	14,20	3,4	3,55	13,60	7,60
1985	4	5,80	8,60	1,45	2,15	3,80	3,80
1986	4	1,60	13,00	0,4	3,25	1,05	6,60
1987	5	56,80	16,80	11,36	3,36	32,20	7,60
1988	5	22,40	14,60	4,48	2,92	9,20	5,0

NB : Doses annuelles maximales admissibles (Strahlenschutzverordnung 1989)

beta : 300 mSv

gamma : 50 mSv

Fig. 10 Doses annuelles reçues par les agents du groupe de décontamination (1979-1988)