

Laboratoire α , γ de l'Institut Européen des
Transuraniens

Rénovation de la cellule pour examens non
destructifs

Coquerelle M., Samsel G., Perrier Cl.

présenté au Groupe de Travail
"Laboratoires chauds et télémanipulations de la
CCE", Barnwood, United Kingdom
25 - 26 Juin 1991

Commission of the European Communities
Joint Research Centre
European Institute For Transuranium Elements
P.O. Box 23 40, D-7500 Karlsruhe
Federal Republic of Germany

A. Equipements pour examens non destructifs

1. Introduction

L'Institut Européen des Transuraniens dispose d'un ensemble de cellules chaudes permettant un large éventail d'examens post irradiation dont l'utilisation ne se limite pas à son propre programme d'irradiation principalement axé sur le combustible du réacteur surgénérateur à neutrons rapides, mais convient parfaitement aussi aux examens d'aiguilles combustibles de réacteurs thermiques de puissance gérés par les companies productrices d'électricité en Europe.

Comme n'importe quel autre laboratoire, cette installation est contrainte, de façon continue, de se moderniser, et de se rééquiper afin de tenir compte, non seulement, des progrès technologiques, mais aussi des exigences qu'impliquent sa participation à de nouveaux programmes.

Depuis sa mise en activité, ce laboratoire a étendu la gamme de ses possibilités techniques et les meetings de Grange over Sands (1) et de Windscale (2) furent l'occasion de décrire les développements réalisés durant les années 70, en particulier, dans le domaine des examens destructifs. Il est, maintenant, judicieux de faire le point de l'évolution réalisée dans le domaine de l'équipement utilisé pour les examens non destructifs d'aiguilles ou de segments d'aiguilles combustibles de réacteurs thermiques de puissance.

2. Techniques de base disponibles au laboratoire α , γ de l'Institut Européen des Transuraniens

Le laboratoire chaud de l'Institut des Transuraniens est en activité depuis décembre 1966 (fig. 1) et a examiné en détails plus de 250 aiguilles et quelque 30 capsules en utilisant des techniques d'examens non destructifs et destructifs. Un résumé - qui ne se veut pas exhaustif - des possibilités techniques de ce laboratoire est repris dans le tableau 1.

Au cours des années, les techniques ont évolué et si l'on compare le niveau de sophistication actuel à celui dont nous disposions à l'époque du démarrage du laboratoire, il est évident qu'il est plus élevé dans les domaines de microanalyse. L'analyse par microsonde et la microscopie électronique par balayage, associées à la microscopie optique quantitative sont les outils de base qui ont permis aux examens post irradiation de passer du stade de jeu de devinette qualitative, au stade de la recherche scientifique quantitative. L'apport de ces techniques est indiscutable dans le domaine de la chimie ou de la physio-chimie des combustibles ainsi que dans celui des interactions gaine-combustible. La microsonde, en particulier, a ajouté une nouvelle dimension à la métallographie, à la céramographie en permettant l'identification de microcomposés.

En outre, l'introduction de nouvelles techniques en radiochimie telles que l'ICP-MS et l'ICP-EOS ouvre de nouvelles perspectives et permet de reculer les limites de détection dans la mesure où des quantités de produits de fission de l'ordre de ng peuvent être déterminées. Ces techniques sont, actuellement, utilisées couramment, en particulier, dans le cadre des études de lixiviation faites sur les combustibles UO_2 ou MOX.

3. Rénovation de la cellule consacrée aux examens non destructifs

La majorité des équipements installés en 1966, étaient encore en opération en 1990 et l'évolution des techniques expérimentales dans le laboratoire trouve davantage leur justification dans notre participation à de nouvelles activités que dans des décisions mal préparées lors de la construction du laboratoire. Un fait marquant a été le déclin progressif des développements dans le domaine du combustible pour le réacteur rapide; et il faut trouver dans cet état de fait la raison principale de recentrer nos activités dans le domaine du combustible du réacteur thermique.

En particulier, dans les années 80 nous avons été amenés à participer à l'étude de certains aspects spécifiques du comportement de UO_2 dans le cadre du programme de la Commission centré sur la Sécurité du réacteur et la Gestion des déchets.

Plus récemment, suite à la discussion du Conseil des Ministres, la nécessité de voir jouer un rôle de soutien pour l'industrie par certaines installations du Centre Commun de Recherche, nous avons été amenés à consacrer une

partie de nos activités à l'examen d'aiguilles combustibles de réacteur thermique et, par conséquence, il était indispensable de rééquiper notre cellule d'examens non destructifs. En 1988, fut décidé de redessiner un nouvel équipement permettant la manipulation et les examens NDT sur des aiguilles de type réacteur eau bouillante ou eau pressurisée présentant une longueur maximum de 4,5 m de longueur.

Ce travail de rénovation s'est déroulé, en tenant compte d'impératifs qui étaient fixés par les facteurs suivants:

- les objectifs fixés ou prévisibles pour les 10 ou 15 prochaines années
- l'expérience acquise durant les 25 dernières années
- les possibilités budgétaires
- le fait qu'il était impensable de modifier ou d'agrandir le laboratoire α , γ .

3.1 Objectifs

Les objectifs étaient précis et comportaient une série d'équipements permettant les examens non destructifs classiques mais, en outre, des solutions techniques particulières à notre laboratoire devant permettre le conditionnement et le transfert d'aiguilles ou de segments d'aiguilles combustibles de la zone β , γ où s'effectuent les examens non destructifs vers les caissons α , γ où s'effectuent les examens destructifs et vice versa.

Ce dernier aspect est tributaire à la fois du lay out initial du laboratoire, mais aussi des contraintes dues aux règlements allemands de sécurité. L'ensemble des objectifs que nous proposons d'atteindre est décrit ci-après:

- Examens visuels
- Mesure de la longueur des aiguilles
- Mesure du diamètre des aiguilles, profilométrie
- Spectrométrie γ , γ -scanning
- Mesure de la couche d'oxyde sur les gaines (courant de Foucault ponctuel)
- Détection de défauts sur les gaines (courant de Foucault. encerclant)

Radiométallurgie

- Analyse des gaz de fission: analyse par spectrométrie de masse du gaz de remplissage, détermination du relâchement de gaz de fission et du volume libre de l'aiguille
- Mesure du jeu radial
- Opérations de démantèlement simple
- Conditionnement de segments d'aiguille dans des capsules étanches α (Soudure TIG)
- Remplissage des capsules avec un gaz neutre sous pression: hélium, argon
- Test des capsules par reniflage hélium
- Transfert, étanche α d'aiguilles de la zone β , γ vers la zone α , γ et vice versa
- Test d'étanchéité
- Radiographie RX
- Mesure de densité (picnomètre Hg ou par immersion)
- Métallographie / Céramographie
- Microscopie optique quantitative
- alpha et beta, gamma autoradiographie
- Analyse par microsonde
- Microscopie électronique à balayage/EDAX
- Recuits thermiques sous atmosphère contrôlée
- Détermination de gaz retenus
- Test d'éclatement de gainage
- Soudure TIG ou par laser
- Conditionnement d'aiguilles combustibles
- Fabrication d'aiguilles combustibles pour réirradiation
- Tests de lixiviation (soxhlets, autoclaves)

	- Spectrométrie de masse
	- ICP-MS
Radiochimie:	- ICP-EOS
	- Alpha, gamma spectrométrie
	- spectrométrie par absorption (K-edge)

Tableau 1: Capacités techniques au laboratoire α, γ de l'Institut Européen des Transuraniens

3.2. Solutions techniques

L'ensemble des opérations qui viennent d'être décrites au point 3.1. doit être réalisé dans une cellule de 11m de long comportant 2 zones bien distinctes : un caisson α, γ standard et une zone β, γ de dimension 7m x 3,75m. Notre préoccupation principale fut, donc, l'utilisation optimum de l'espace disponible du plan de travail la cellule 101 où se déroulent, par définition, toute mesure ou opération n'entraînant pas un contact direct entre le combustible et l'atmosphère de cellule. Si cette dernière condition ne peut pas être respectée pour certaines opérations, celles-ci seront exécutées dans le caisson 101 α, γ . Pour des raisons d'encombrement, un concept de mesure dans le sens vertical était exclu et, en outre, le concept de l'appareillage devait aussi tenir compte de l'impossibilité de changer l'orientation des aiguilles à l'intérieur de la cellule ce qui implique une contrainte supplémentaire, en particulier, lors du transport vers nos cellules chaudes. Dans le cas d'aiguilles à design asymétrique, l'orientation de celles-ci dans le château de transport est fixé impérativement par notre appareillage, en particulier, pour la ponction des aiguilles, ce qui implique une bonne coordination entre le réacteur et notre laboratoire.

L'ensemble de ces considérations a conduit à une répartition des appareillages illustrée par la Fig. 2 et caractérisée par la distribution des appareillages sur deux bancs dans la zone β, γ ainsi qu'un banc de refabrication et de tronçonnage dans le caisson α, γ . Vous trouverez ci-après la liste des équipements et leur distribution :

a. Dans la zone β, γ sont installés :

- * 1 banc de métrologie, se composant de :
 - un système de déplacement contrôlé de l'aiguille (position axiale, translation, rotation)
 - un système de mesure avec 4 modules de mesure, insérés dans un boîtier fixe. (profilométrie, γ -scanning, courant de Foucault ponctuel, courant de Foucault encerclant)
 - un périscope (examens visuels)
 - un collimateur pour spectrométrie γ

- * 1 banc multi-fonctions, se composant de :
 - un système de positionnement contrôlé de l'aiguille
 - un appareil de mesure de jeu radial
 - une tronçonneuse
 - une pince de soudure orbitale TIG
 - une enceinte de remplissage des capsules avec un gaz neutre
 - une enceinte de test par reniflage helium.

- * Une installation de prélèvement des gaz de fission couplée avec un spectromètre de masse
- * Un système de stockage des aiguilles (40 max)

b. Dans le caisson α, γ , en-dehors de la presse de compaction des déchets, nous trouvons 2 appareillages permettant :

- le débitage des aiguilles de segments de 60 cm maxm de longueur par tronçonnage sous huile (disque diamanté)
- un banc de refabrication permettant la soudure de bouchons (soudure orbitale TIG) et une enceinte de remplissage des capsules sous He (20 - 22 atmosphères), avec contrôle d'étanchéité de la soudure par reniflage He.

3.3. Eléments de construction - Principes et caractéristiques des mesures

3.3.1. Banc de métrologie

L'aiguille à mesurer est placée en position hoirzontale et est fixée, par une extrémité, dans un mandrin solidaire du chariot et passe dans un boîtier

fixe contenant les modules de mesure (\emptyset , courant de Foucault ponctuel, courant de Foucault encerclant, γ -scanning). L'aiguille repose, avant mesure, sur des supports amovibles et, après mesure, sur des galets fixes. L'aiguille peut être animée d'un mouvement de translation contrôlé qui peut être conjugué à une rotation pour obtenir un mouvement hélicoïdal.

Le mouvement axial de l'aiguille est transmis par un chariot entraîné par une vis à billes accouplée à un servomoteur (longueur de déplacement : 4500 mm). Le contrôle des mouvements axial, radial ou conjugué est assuré par une commande numérique à 2 axes. La position axiale du chariot, et par conséquent de l'aiguille, est mesurée par une règle optique HEIDENMAIN.

Ci-joint deux tableaux donnant les caractéristiques des éléments de construction du banc de métrologie et des équipements qui lui sont associés.

* Banc de métrologie

- ossature	: profil IPN 160, l 5440 mm
- Vis à billes	: Wiesel 02, fine NEFF, l 4580 mm
- guidage linéaire	: roulement à bille linéaire FRANK, type FD8, lg : 5250 mm
- mesure axiale	: règle optique HEIDENHAIN, type LB326, lg 4640 mm
- servomoteur	: SERVOMATION, moteur AC, à résolveur
- commande numérique	: SM Eletronik, type SM 2000, 2 axes
- longueur totale	: 10 mètres
- longueur max. des aiguilles	: 4500 mm
- diamètre minimal	: 5 mm
- diamètre maximal	: 15 mm
- domaine de mesure	:
- diamètre	: 5 à 15 mm
- longueur	: 4500 mm
- vitesse de translation	: 1 mm/min - 600 /min
- vitesse de rotation	: 0,1°/min - 120 tr/min
- précision de l'axe du banc	: 0,2 mm/m
- précision du positionnement axial	: 0,05 mm/m

- précision du positionnement radial : 10'/t

* Collimateur

- Nombre de fentes : 4
- Dimension des fentes : 0,6x25mm- 0,8x25mm-1,0x25mm-
1,2x25mm
- Atténuation : 10⁶
- Matériau : denal
- Epaisseur : 110 mm
- Diamètre : 100 mm
- Longueur totale : 1200 mm

* Périscope

- Marque : HENSOLDT
- Grossissement : 4x- à 20x
- Domaine de focalisation : 1340 à 1550mm

* Banc multi-fonctions

- Longueur totale : 5700 mm
- Hauteur de l'axe : 300 mm

* Système de stockage des aiguilles

- Nombre d'aiguilles max. : 30
- Longueur max. : 4500 mm
- Poids max. : 100 kg

3.3.2. Banc multifonctions

Le principe de construction est identique à celui du banc de métrologie. Il est utilisé pour les opérations de transfert et de conditionnement des aiguilles. Les principales installations sont :

- une installation de soudure orbitale TIG
- une installation de remplissage à gaz inerte (He, A)
- une installation de reniflage He
- un appareil de ponction pour l'analyse du gaz de remplissage.

3.4. Principe et caractéristiques des mesures

* Examens visuels

- L'aiguille est mise sur le banc de métrologie et fixée par une extrémité dans le mandrin du chariot et est déplacée dans le champ du périscope à l'aide des manipulateurs ou des moteurs. La position axiale d'un défaut éventuel est déterminée par lecture directe de l'affichage de la règle optique.

La précision de repérage axial d'un défaut est de 0,1mm.

* Mesure de la longueur des aiguilles

La mesure se fait en 3 temps, à l'aide d'un palpeur solidaire du chariot du banc :

- 1 - la position d'une butée fixe est déterminée (= cote 0)
- 2 - une extrémité de l'aiguille est mise en contact avec la butée fixe
- 3 - la position axiale de l'autre extrémité de l'aiguille est déterminée et correspond à la longueur de l'aiguille

La mesure des 2 positions se fait à l'aide de la règle optique HEIDENHAIN, précision de la mesure : +/-0,1mm

* Mesure du diamètre de la gaine (profilométrie)

Le module de mesure est placé dans le boîtier fixe qui a un dispositif de centrage de l'aiguille sur l'axe du banc. A l'aide du chariot, l'aiguille est déplacée axialement entre 2 palpeurs mis en contact avec la génératrice de l'aiguille par 2 (pression : 50 gr).

La distance respective de ces 2 palpeurs est mesurée par un transducteur du type LVDT.

Avant mesure le module est calibré à l'aide de la cote nominale et à la cote nominale +0,1mm (Précision : +/- 1µm)

Précision de la mesure : +/-3 µm

Domaine de mesure : 5 ---)15mm

Appareillage

- | | |
|-----------|-----------|
| - type | LVDT |
| - marque | Schaewitz |
| - domaine | 0 à 5 mm |

- précision 1 μm

* Spectrométrie γ

L'aiguille, placée sur le banc de métrologie, défile devant un collimateur inséré dans le mur avant de la cellule.

La vitesse de translation est contrôlée par la commande numérique du banc (domaine : 1mm/min à 100 mm/min).

Distance aiguille-détecteur : 1350 mm.

L'analyse du rayonnement γ est effectuée par une chaîne de spectrométrie INTERTECHNIQUE ayant les caractéristiques suivantes :

- détecteur

type	Ge HP/N
résolution	1,85 keV à 1,333 Me
rapport pic/Compton	38,9
efficacité relative	12,7 %

- préamplificateur

type	psc 761
------	---------

- amplificateur

type	7200
------	------

- convertisseur A/D

type	7601
taux de comptage	< 30000 imp/s
temps de conversion	2,4 μs

- analyseur

système	PC Wyse 3225-01
programme	intergamma

2 possibilités de γ -scanning :

- a - Un canal analogique pour une mesure sur une bande d'énergie correspondant à un isotope déterminé ou encore à $\Sigma\gamma$, avec sortie des résultats sur enregistreur graphique.
- b - Mesure de la répartition axiale de 10 isotopes, à partir de spectres acquis ponctuellement et dépouillés pour obtenir l'aire des pics respectifs.

1000 spectres par aiguille, c'est-à-dire 1000 points, peuvent être stockés. Après un calibrage en efficacité de la chaîne, l'activité en becquerel de ces 10 isotopes peut être calculée.

Sortie des résultats sur imprimante, plotter ou disquette.

* Mesure de la couche d'oxyde

Le module de mesure, inséré dans le boîtier fixe, assure le positionnement de la sonde ponctuelle sur la génératrice de l'aiguille, en contact avec celle-ci. L'aiguille est centrée sur l'axe du banc par le boîtier.

Avant la mesure, le système est calibré par des étalons avec des couches d'oxyde d'épaisseur connues.

Le déplacement de l'aiguille est assuré par le chariot du banc de métrologie.

Caractéristiques du système :

marque	FISCHER
type	fischerscope
fréquence	3 MHz
précision	+/-3µm
domaine de mesure	0 à 100µm

* Détection des défauts

L'aiguille, centrée dans le boîtier, passe dans un module contenant une bobine encerclante.

Avant mesure, le système est calibré par un étalon présentant un certain nombre de défauts caractéristiques.

Caractéristiques du système :

marque	ROHMANN
type	ELO-B1
fréquence	10Hz-10MHz Ø
Ø de la bobine	11 mm

Détails du tube d'étalonnage

tube en ziercalloy, Øe 10,75

6 défauts :

a - 1 trou Ø1mm (dans une section du tube)

b - 2 trous $\varnothing 1\text{mm}$ (dans une section du tube)

c - 4 trous $\varnothing 1\text{mm}$ (dans une section du tube)

d - rainure externe :

 largeur 4,1mm
 profondeur 0,03mm

e - rainure interne

 largeur 4,1mm
 profondeur 0,03mm

f - augmentation de diamètre

 augmentation 0,13mm

* Appareil de soudure TIG

L'aiguille est centrée dans la pince au moyen de bagues, l'électrode est positionnée visuellement.

La soudure est réalisée par déplacement automatique de l'électrode autour du tube avec une atmosphère neutre à pression ambiante.

Caractéristiques

marque	AMI
type	207-1
procédé de soudure	WIG, mouvement orbital de l'électrode
type de pince de soudure	9AF-900
diamètre mini des tubes	3,2mm
diamètre maxi des tubes	21,3mm
tension d'amorçage de l'arc	10 kV
courant maxi de soudure	100 A

* Remplissage des capsules avec un gaz neutre

L'extrémité de l'aiguille est introduite dans une chambre étanche.

Après rincage et remplissage de la capsule avec un gaz neutre à la pression voulue le trou du bouchon est fermé à l'aide d'une soudure effectué par une électrode stationnaire intégrée dans la chambre.

procédé de soudure	TIG
type de gaz	hélium, argon
pression maxi	25 bar

* Test des capsules

L'extrémité de l'aiguille, sur laquelle a été effectué des soudures, est introduite dans une chambre étanche connectée à un spectromètre de masse (quadrupole). Le test consiste en une comparaison du signal obtenu sur le spectromètre, par rapport à celui obtenu avec une fuite calibrée, connectée à la chambre.

Taux de fuite de l'étalon : $1E-8$ torr.l/s

* Analyses des gaz de remplissage - Ponction des aiguilles combustibles

Trois objectifs sont poursuivis dans le cadre de cette opération :

- collecter les gaz de remplissage
- déterminer la composition isotopique du gaz de remplissage et la quantité de gaz de fission relâchée durant l'irradiation
- déterminer le volume libre après irradiation de l'aiguille analysée.

Le dispositif expérimental en cellule associé au banc multifonctions permet de placer l'aiguille dans le bloc de perçage. Le perçage a lieu au niveau du plenum de l'aiguille sous vide statique primaire. L'étanchéité est assurée par des joints O-ring agissant sur la gaine de l'aiguille et le foret de la perceuse. Après le perçage, (\varnothing foret = 1,5 mm), le gaz de remplissage se détend dans une chambre d'expansion à volume connu et la variation de pression est mesurée.

La chambre d'expansion est on line avec un spectromètre de masse monté dans une boîte à gants située hors de la cellule.

La détermination du volume libre de l'aiguille est réalisée en détendant une quantité connue d'hélium dans l'aiguille placée sous vide primaire et obtenue par calcul sur la base de mesure de variation de pression lors de cette opération.

Caractéristiques techniques :

- spectrométrie de masse : Leybold INFICON Quadex 2000
- mesure de pression absolue : $\pm 0,1$ mbar
Druck Messtechnik GmbH : PDCR 960, 0 - 1 bar

- mesure des isotopes Kr avec une précision meilleure que 0,01 vol %
- mesure des isotopes Xe avec une précision meilleure que 0,02 vol %

B. Systèmes de transfert étanches alpha

1. Introduction

La deuxième raison majeure de modifier l'équipement de la cellule d'entrée découle de l'évolution des prescriptions en matière de sûreté. Lors de la conception du laboratoire au début des années 1960, aucune condition d'étanchéité particulière n'avait été requise pour cette cellule (appelée communément "cellule $\beta\gamma$ ") dans laquelle toute manipulation de "combustible ouvert" était théoriquement prescrite, un confinement dynamique étant assuré par la seule ventilation. Au fil des années d'exploitation, le niveau de contamination surfacique α a fini par atteindre en certains endroits des valeurs avoisinant 1000 Bq/cm². Cette situation étant devenue inacceptable pour le Service de Radioprotection dans le contexte actuel en matière de sûreté, une limite maximum de 37 Bq/cm² est dorénavant imposée (cette valeur correspond à la contamination maximum des surfaces internes d'un conteneur de transport vide). Cette condition suppose notamment que les exploitants de cette cellule disposent à l'avenir d'un ensemble de systèmes de transfert parfaitement adapté à leurs besoins et leur évitant de devoir avoir recours à toute impasse dans ce domaine.

La deuxième partie de ce rapport se propose de décrire les principales améliorations apportées à l'infrastructure technique de la cellule après une campagne de décontamination.

Celles-ci concernent plus particulièrement

- les transferts qui doivent permettre à cette cellule de jouer efficacement le rôle de plaque tournante tant pour les combustibles qui y transitent que pour les déchets produits dans la ligne des caissons de haute activité.
- le système de ventilation ainsi que le dispositifs d'extinction d'incendie par CO₂.

2. Principaux aménagements effectués

2.1 Les systèmes de transfert

Les impératifs majeurs qui ont prévalu à l'implantation de l'ensemble des systèmes de transfert dans cette cellule sont :

- la polyvalence (en raison des dimensions géométriques très variées des objets à transférer)
- la sûreté de fonctionnement (pour respecter les prescriptions extrêmement sévères de la Radioprotection évoquées ci-dessus).

Il en résulte que l'originalité du système réside non pas dans le principe de fonctionnement des dispositifs utilisés mais plutôt dans l'agencement ou la mise en oeuvre particulière de méthodes de transfert qui ont fait leurs preuves dans le passé dans le laboratoire et cela dans des conditions d'exploitation sévères.

La figure 3 donne une représentation schématique de l'ensemble des transferts, leurs particularités d'utilisation sont décrites ci-dessous, et leur fonctionnement explicité dans les synoptiques des figures 3.1 à 3.3.

Bien que l'expression "zone $\beta\gamma$ " de la cellule ne doive plus être utilisée actuellement, nous l'emploierons dans ce texte, en raison de sa concision, dans le sens strict de "zone à très faible taux de contamination α " et cela en opposition avec caisson α (où la contamination α y est supérieure de plusieurs ordres de grandeur).

- Transferts d'objets de diamètre réduit (aiguilles combustibles) entre la zone $101\beta\gamma$ et le caisson 101α

a) Transfert de la zone $101\beta\gamma$ vers le caisson 101α : (A) - Fig. 3.1

Ce transfert s'effectue au moyen d'un tube en alliage léger d'un diamètre légèrement supérieur à celui de l'aiguille et d'une tête de transfert munie d'un double-couvercle La Calhène (\varnothing 70 mm).

Le raccordement du tube de transfert se fait au télémanipulateur Master-slave; le tube lui-même pouvant être aisément décontaminé après chaque opération de manière à réduire au maximum la consommation des têtes de transfert.

Ce type de transfert est spécialement utilisé pour les aiguilles de grande longueur ($l < 4,50$ m) vers le caisson 101α où une tronçonneuse les ré-

duit, au débouché du dispositif de transfert, en éléments susceptibles d'être acheminés vers les autres caissons au moyen du convoyeur intercellules.

b) Transfert du caisson 101 α vers la zone 101 $\beta\gamma$: (B) - Fig. 3.2

Ce transfert est essentiellement utilisé pour le reconditionnement de parties d'aiguilles tronçonnées dans des tubes (en général en zircalloy) en vue d'un stockage ultérieur ou d'un transfert vers une usine de retraitement.

Le tube de conditionnement est également muni d'une tête de transfert similaire à celle évoquée ci-dessus et son chargement s'effectue depuis le caisson α . Après l'introduction du dernier morceau d'aiguille, un bouchon métallique y est introduit à son tour, puis l'ensemble est déconnecté du caisson.

Au moyen d'un dispositif de soudure orbital, le bouchon interne est solidarisé avec le tube au moyen de deux cordons de soudure, puis la tête de transfert sectionnée par une tronçonneuse. Le cas échéant, l'élément reconstitué peut être rempli d'hélium et son étanchéité contrôlée par héli-test.

- Transfert de la zone 101 $\beta\gamma$ vers le caisson de tronçonnage 102 α (C) - Fig. 3.3

Ce transfert s'applique à des objets ayant une longueur maximale de 2 m et un diamètre maximal de 15 cm, il fonctionne dans une seule direction: zone $\beta\gamma$ vers caisson α .

L'appareillage affecté à ce type de transfert ayant donné toute satisfaction au cours des précédentes années d'exploitation, il a été décidé d'en conserver le principe. Pour des raisons d'encombrement du plan de travail, la partie située dans la zone $\beta\gamma$ a cependant été rendue amovible et la commande manuelle motorisée par l'intermédiaire d'un moto-réducteur.

- Transfert entre la zone 101 $\beta\gamma$ et le caisson 101 α (D)

Ce système de transfert par double-couvercle du type Draht & Schrader (\varnothing 210 mm), bien que permettant le transfert rapide d'objets relativement volumineux vers le caisson (en utilisant un conteneur de transfert propre) est essentiellement affecté à l'évacuation des déchets produits dans l'ensemble des caissons α de la ligne et collectés dans le caisson 101.

Par rapport à l'équipement antérieur utilisé pour le préconditionnement des déchets, (système La Calhène avec poubelles d'un diamètre de 270 mm), le nouveau dispositif, grâce à une géométrie plus favorable des poubelles, a l'avantage de permettre un meilleur remplissage des fûts de stockage provisoire d'une capacité de 200 l.

Un gain supplémentaire (peut-être encore plus déterminant pour les frais d'exploitation du laboratoire) a pu être obtenu grâce à l'installation dans le caisson 101 α d'une presse hydraulique en vue d'un compactage préalable efficace de l'ensemble des déchets qui y sont collectés.

Cette presse est essentiellement constituée d'un piston hydraulique (d'une pression maximale de 45 MPa) installé en-dessous du plan de travail du caisson et relié à un système de pompage placé en zone arrière.

L'ensemble des déchets de la ligne des grandes cellules est conditionné, après un tri préalable, dans des boîtes en fer blanc (\varnothing 195 x 300 mm); ces dernières sont comprimées dans la presse avec une force moyenne de 120 kN à un volume minimal. Au moyen d'une pince de préhension spécialement conçue pour leur manipulation, les cylindres comprimés (d'une hauteur moyenne de quelques cm) sont placés dans les poubelles D&S mentionnées ci-dessus au moyen des télémanipulateurs.

A titre documentaire, figurent en annexe I, les procédures détaillées (rédigées à l'attention du personnel d'exploitation)

- . de l'évacuation des déchets de la ligne des cellules de haute activité
- . de la mise en oeuvre de l'appareillage de compactage
- . de l'utilisation du système de double-couvercle Draht&Schrader.

2.2 Système d'extinction d'incendie par injection de CO₂

Toutes les autres cellules chaudes du laboratoire étant

- soit ventilées en permanence à l'azote (caissons α)
- soit équipées d'un système de ventilation temporaire à l'azote (cellules de chimie)

il a été décidé, bien que les équipements qui y sont actuellement installés ne présentent qu'une charge d'incendie minime, de profiter des travaux de rénovation de cette cellule pour l'équiper d'un système d'extinction d'incendie basé sur une injection massive de CO₂.

Le principe de l'injection de CO₂ pour l'extinction d'un feu hypothétique a été retenu de préférence

- à l'injection d'azote en raison du manque d'étanchéité de la cellule
- à l'injection de composés chimiques tels que le HALON, produits très efficaces mais dont l'emploi est susceptible d'être formellement prohibé d'ici quelques années.

L'objectif technique théorique à atteindre en cas de feu a été fixé, selon les conseils des experts en la matière, comme suit :

- réduction rapide (c'est-à-dire en 2 minutes) de la teneur en oxygène de l'atmosphère de la cellule à moins de 15 %.
- maintien de cette teneur réduite en oxygène pendant au moins 15 minutes.

Un certain nombre d'aménagements a dû être effectué à cet effet dans la cellule :

- son étanchéité toute relative (tolérée au moment de la construction) de 800 m³/h de fuites pour un volume utile de 100 m³ a pu être légèrement améliorée et les fuites ramenées à environ 600 m³/h sous une dépression de 250 Pa.
- l'ensemble du dispositif de ventilation de la cellule a été fondamentalement modifié par
 - . l'adjonction d'une régulation automatique de la dépression et du débit
 - . l'installation d'une canalisation d'extraction d'appoint évitant en cas de filtres obstrués accidentellement lors de l'injection massive de CO₂ le passage de la cellule en surpression.

Après des essais préliminaires détaillés, la cellule a été équipée

- à l'intérieur, d'une canalisation de distribution du CO₂ située au-dessus des orifices de pénétration des télémanipulateurs avec 4 buses d'injection.
- à l'extérieur, d'une batterie de neuf bouteilles de CO₂ (à 30 kg chacune).

En cas de besoin, la mise en oeuvre de cette installation s'opère manuellement par l'opérateur de la cellule : le déroulement des différentes phases

d'injection est schématisé dans l'annexe II qui résume également les différents états de fonctionnement de la ventilation "air" de la cellule et "azote" du caisson α .

3. Conclusion

L'impact des améliorations techniques apportées à la cellule d'entrée au cours de plus de 18 mois de travaux de rénovation se situe essentiellement sur le plan de la sûreté et des coûts d'exploitation :

- la polyvalence des systèmes de transfert permettra à l'avenir de faire face à pratiquement toutes les éventualités d'utilisation de cette cellule et d'éviter les improvisations passées. Ces dernières, si elles ont toujours permis de résoudre les problèmes inédits, n'en ont pas moins souvent engendré des contaminations de la cellule intolérables dans la conjoncture actuelle en matière de sûreté.
- la modernisation de la ventilation et l'installation d'un système d'injection au CO₂ constituent actuellement des préalables pratiquement indispensables à l'exploitation d'une telle cellule.
- le "prétraitement" des déchets, à la fois par une réduction du volume et un conditionnement géométrique adéquat, influencera favorablement les frais d'exploitation du laboratoire.

Enfin, et cela dans une perspective d'avenir du laboratoire, deux points supplémentaires méritent d'être mentionnés :

- l'utilisation, pour la première fois dans le laboratoire, d'un caisson α en acier inoxydable dont les parois ont été électropolies : cela facilitera à coup sûr la décontamination ultérieure de ce caisson (d'ici quelques années ...)
- le déficit en moyens de télémanipulation lourds : en effet, le manipulateur électro-mécanique de puissance ainsi que l'engin de levage associé ont plus de 25 ans d'âge et n'ont pu être maintenus en service que grâce à un entretien poussé. Cependant, particulièrement lors d'opérations de déchargement ou de chargement d'éléments lourds, ses performan-

ces sont souvent notoirement insuffisantes. Cela risque d'être un handicap sérieux pour le laboratoire, si celui-ci envisage de postuler à l'avenir pour des travaux mettant en jeu des manipulations simultanées d'un grand nombre d'aiguilles, voire d'éléments combustibles entiers. Un investissement important s'avèrerait alors indispensable.

Références

1. M. Coquerelle, W. H. Whitlow
Post-irradiation Examination, Brit. Nucl. Energy soc., London (1980)
123-128
2. M. Coquerelle
IAEA Meeting Windscale (1990), private communication

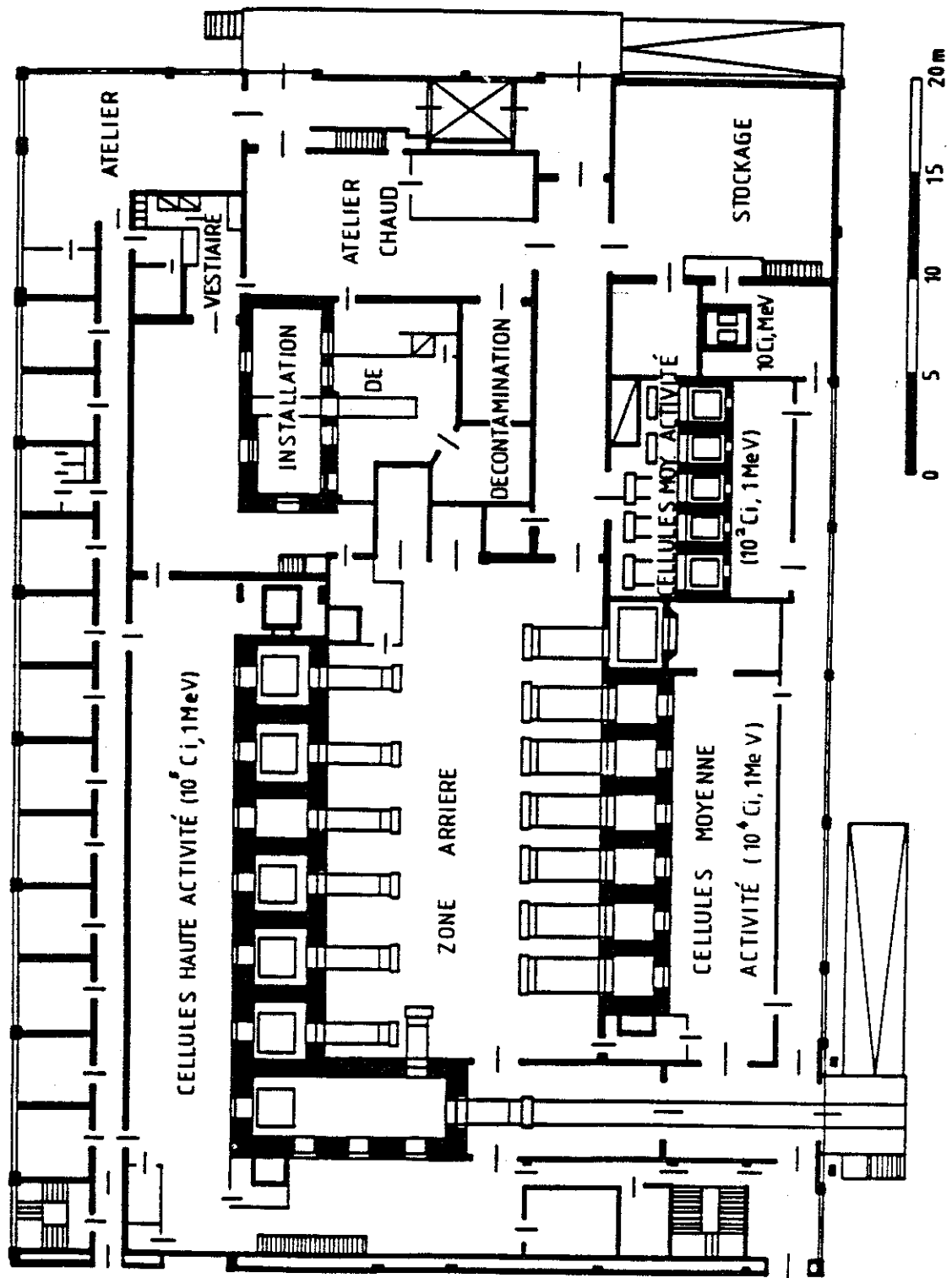


Fig. 1 Plan du laboratoire $\alpha\beta\gamma$

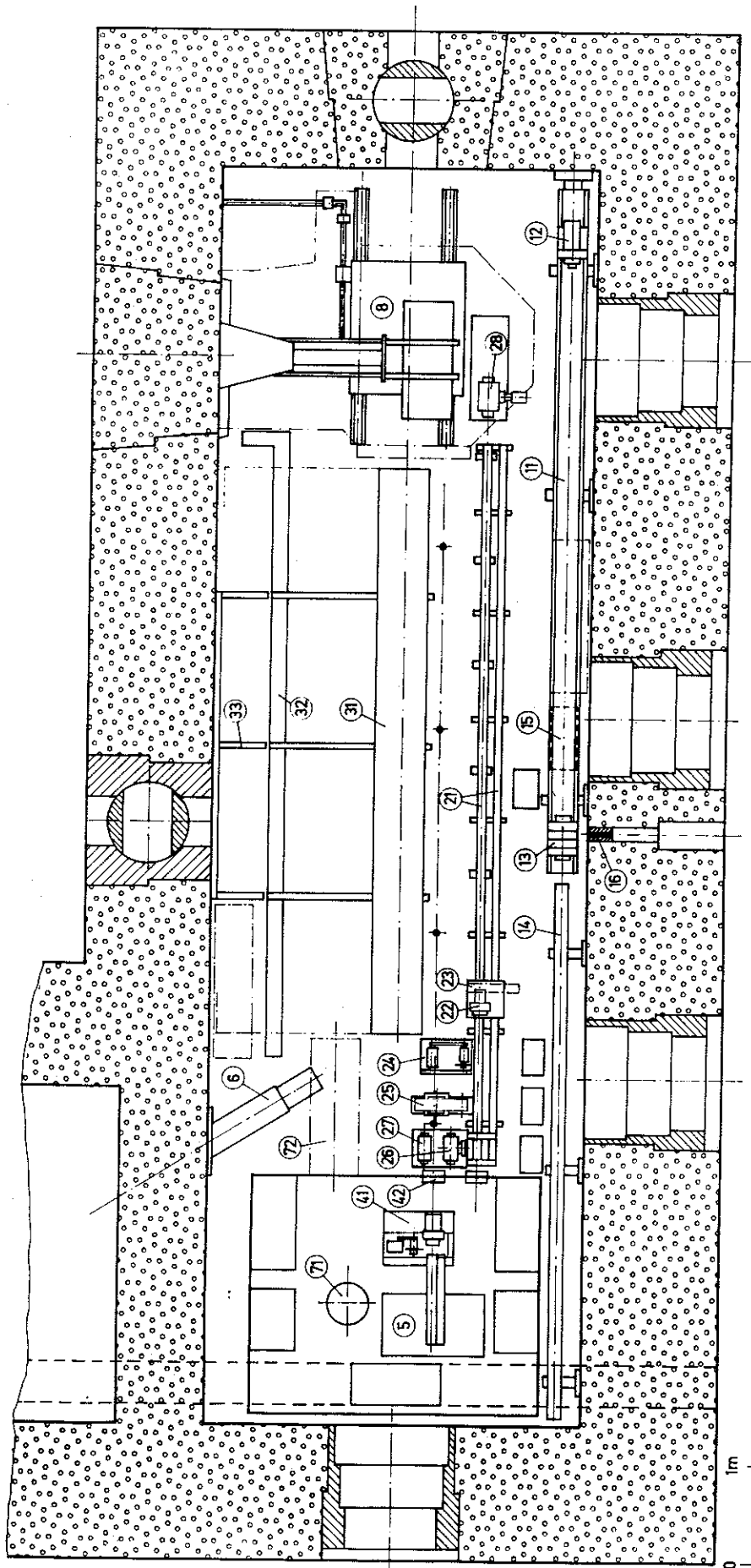


Fig. 2

Banc de métrologie	11 Bati				
	12 Chariot				
	13 Modules de mesure				
	14 Support d'aiguilles				
	15 Module de mesure neutronique				
	16 Collimateur				
Banc multi-fonction	21 Rails de guidage				
	22 Chariot				
	23 Module de mesure du gap				
	24 Tronçonneuse				
	25 Prince de soudure orbitale				
	26 Chambre de remplissage hélium				
	27 Chambre de test hélium				
	28 Unité de prélèvement des gaz de fission				
Système de stockage des aiguilles combustible	31 Tiroir de stockage				
	32 Mur en plomb				
	33 Ascenseur				
Système de transfert vers caisson a	41 Tronçonneuse				
	42 Systeme double couverde la Calhène				
Unité de conditionnement des déchets	71 Presse				
	72 Poubelle				
Divers	5 Unité de refabrication d'aiguille combustible				
	6 Sas de transfert vers caisson B102				
	8 Unité de radiographie				

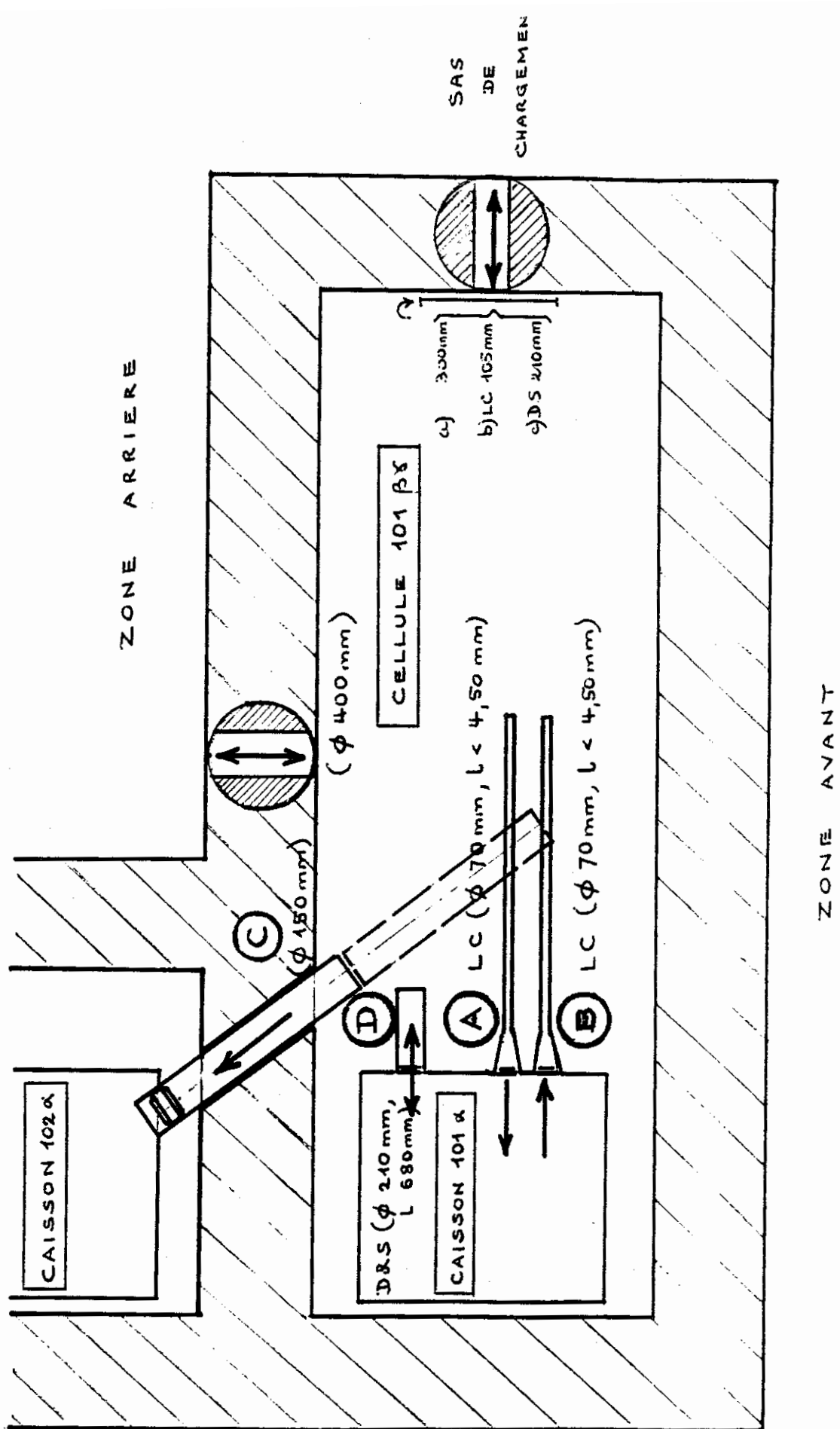


Fig. 3 Systèmes de transfert de la cellule d'entrée

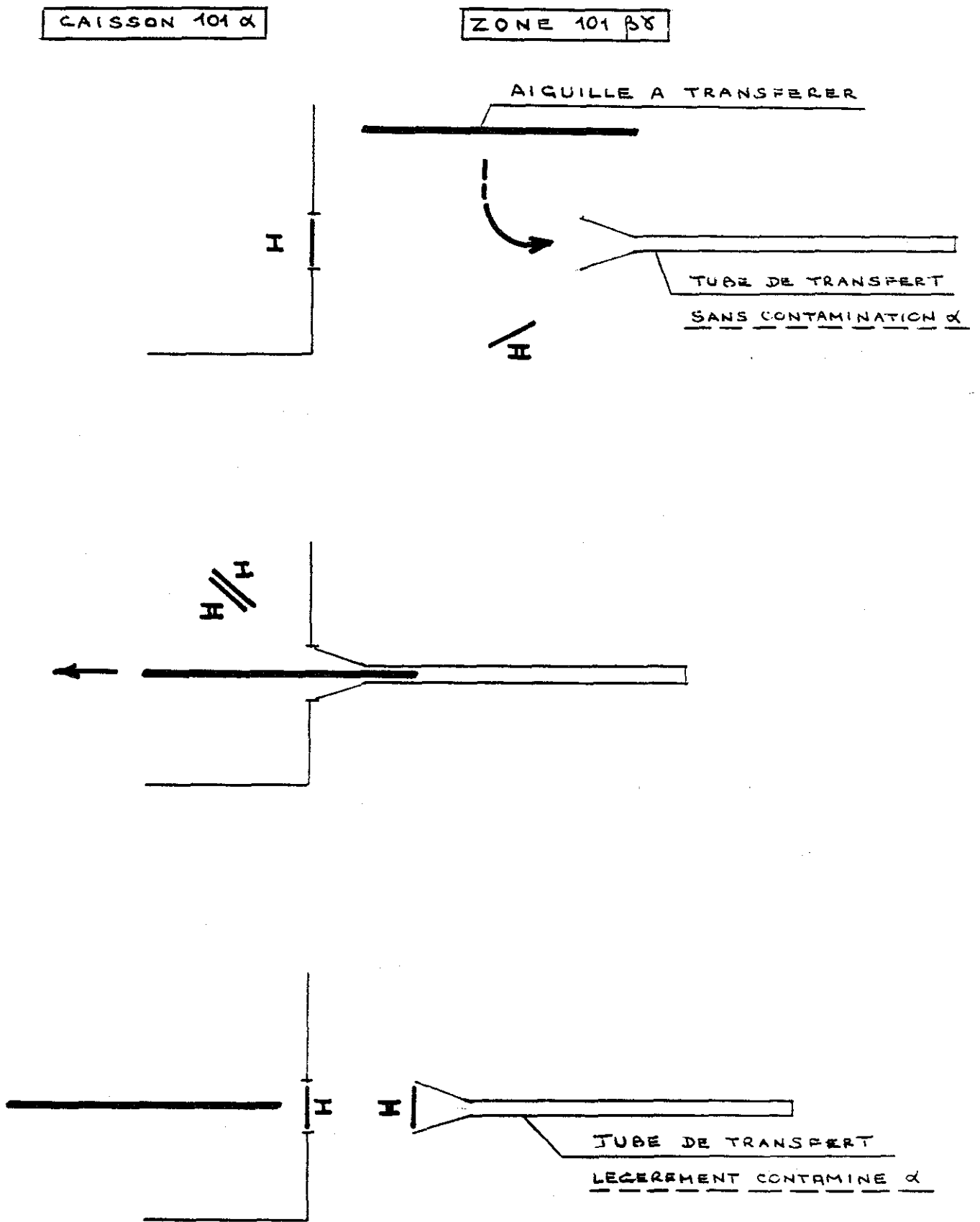


Fig. 3.1 Transfert de la zone 101 βδ vers le caisson 101 α

CAISSON 101 α

ZONE 101 $\beta\gamma$

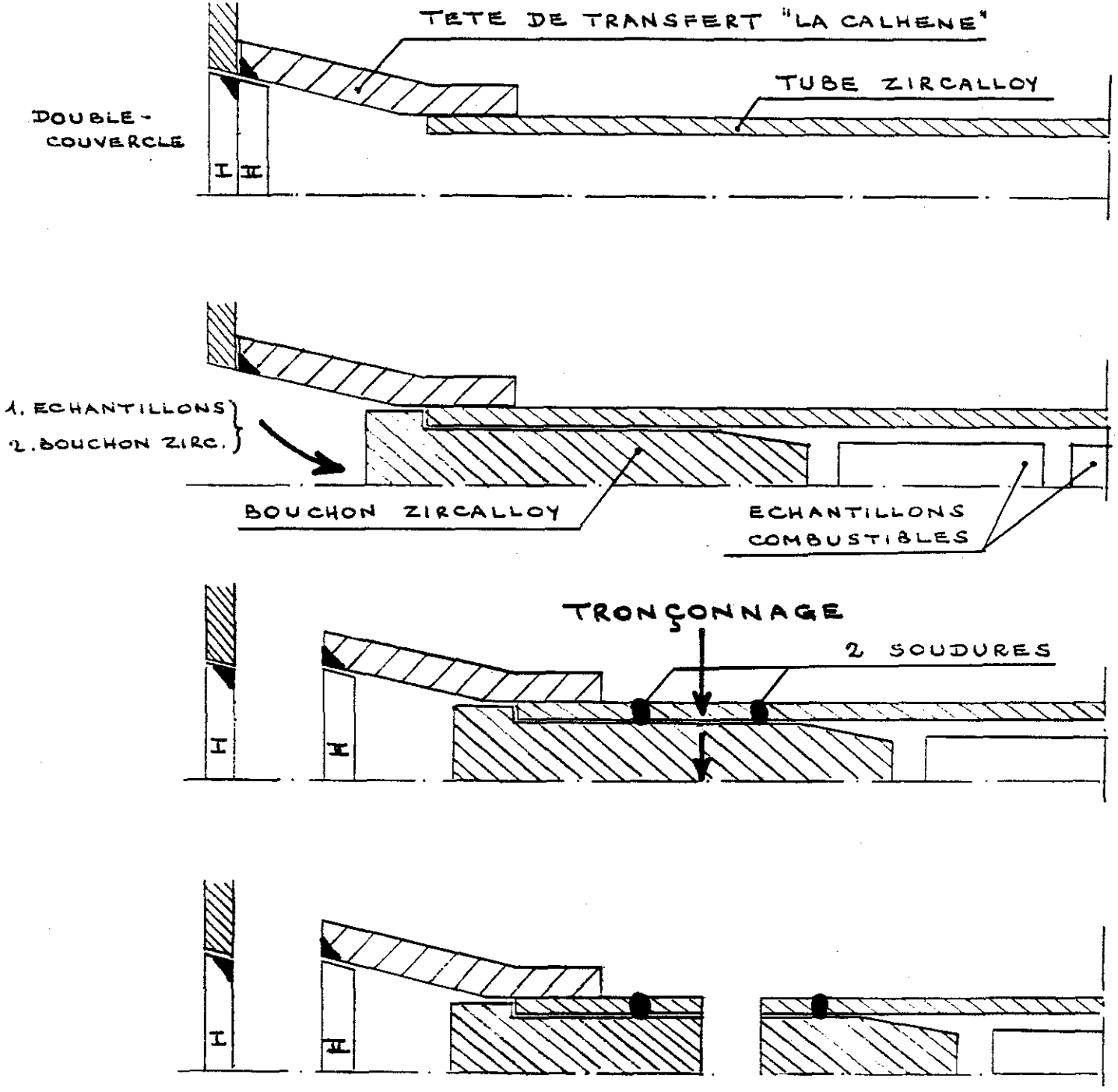


Fig. 3.2 Transfert du caisson 101 α vers la zone 101 $\beta\gamma$

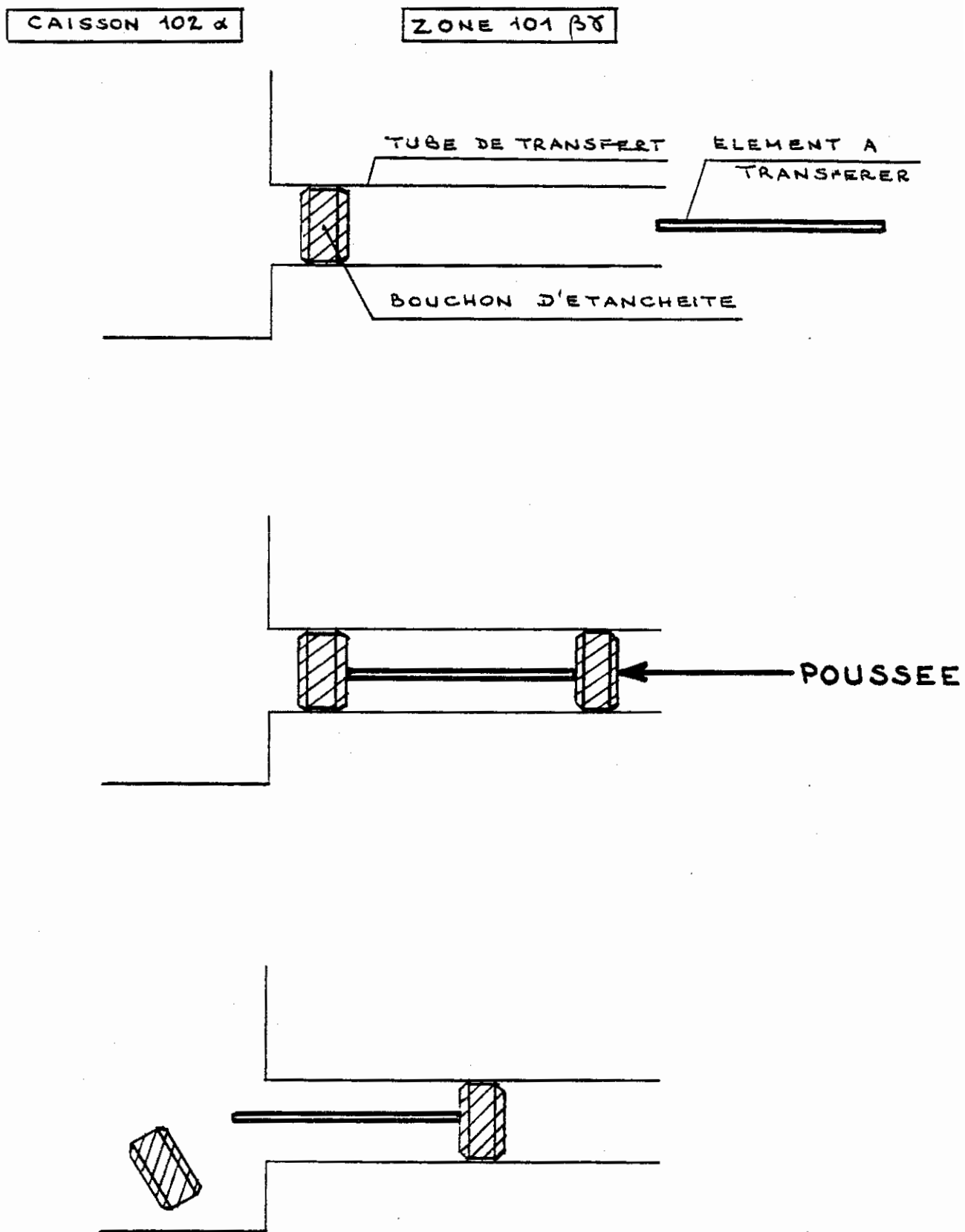
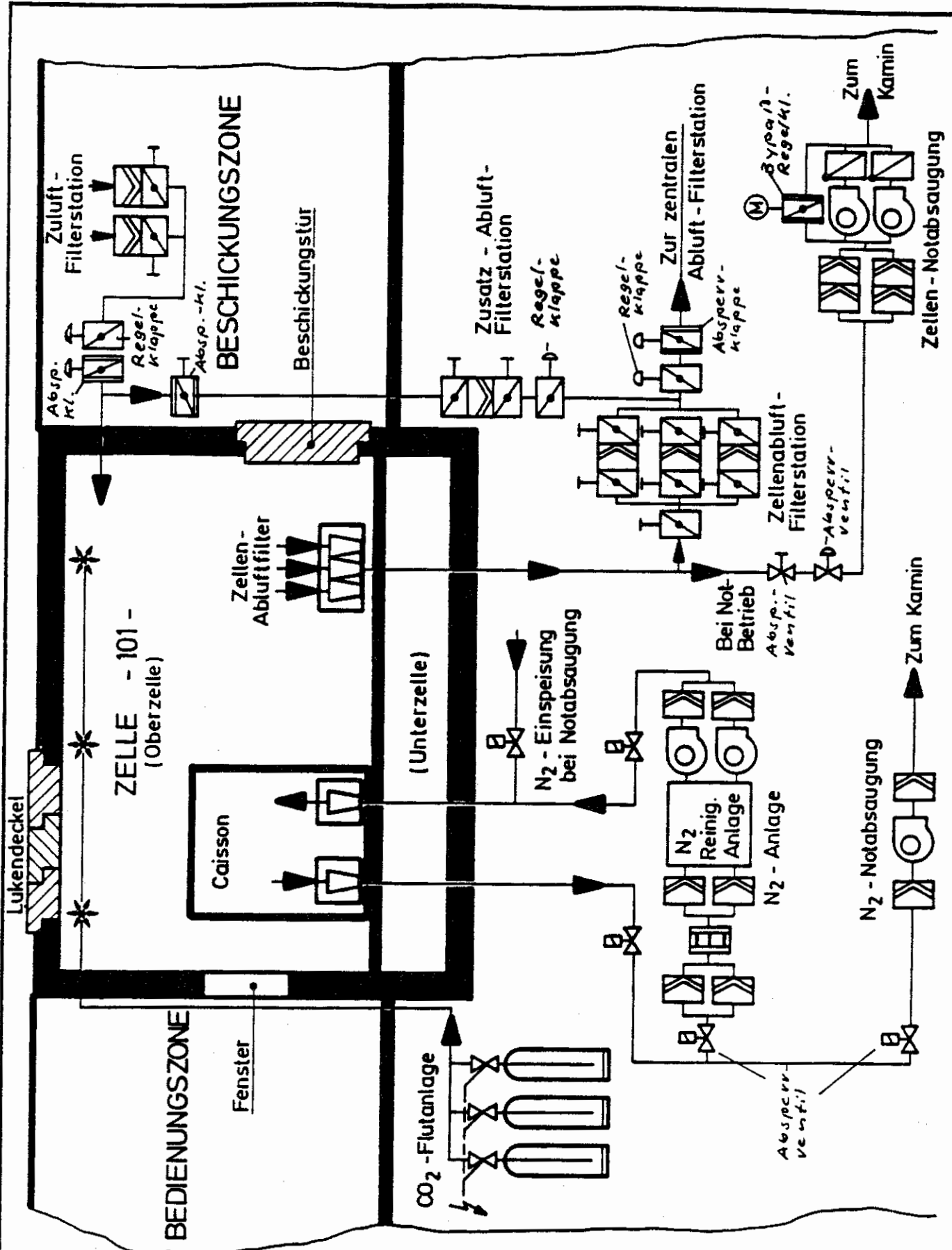



Fig. 3.3 Transfert de la zone 101 β vers le caisson 102 α

ANNEXE II

Ventilation et système d'injection CO₂ de la cellule 101



	TECHNISCHE DIENSTE GRUPPE LÜFTUNG	LUFTTECHNISCHE ANLAGEN
GEBÄUDEFLÜGEL: - B -		VERFAHRENSSCHEMA
DOKUMENT-NR. 14K3-GLB-TB10/-		GROSSE-ZELLE -101- mit CO ₂ -Fluteinrichtung



**FUNKTIONS-
BESCHREIBUNG**

**LUFTECHNISCHE
ANLAGEN**

TITEL:

GEBÄUDEFLÜGEL: B

**Be- und Entlüftung der Großen-Zelle -101
mit CO₂-Fluteinrichtung**

A: Normalbetrieb

- Belüftung

Zuluft strömt als Sekundärluft aus der Beschickungszone über die Zuluft-Filterstation mit Schwebstoff-Filterzellen, die Unterdruck-Regelklappe und die luftdichte Absperrklappe in die Zelle.

- Entlüftung

Abluft wird über die Zellen-Abluftfilter, die Zellenabluft-Filterstation, die Luftvolumenstrom-Regelklappe und die luftdichte Absperrklappe in das Abluftsystem zur zentralen Abluft-Filterstation gesaugt.

- Unterdruck-Regelung

Der erforderliche Zellen-Unterdruck von $P = -200 \text{ Pa}$ (1. Regel-Sollwert) gemessen gegen die Bedienungszone wird über den Unterdruck-Regler, der die Zuluft-Regelklappe regelt, gehalten.


- Luftvolumenstrom-Regelung

Über den Luftvolumenstrom-Regler, der die Abluft-Regelklappe regelt, wird der Luftvolumenstrom von $2.165 \text{ m}^3/\text{h}$ aus der Zelle konstant gehalten. Die Abluftmenge setzt sich aus Zuluft und Leckluft (über Lukendeckel und Beschickungstür) zusammen.

B: Notbetrieb

- Entlüftung

Bei Ausfall oder Stillstand der Lüftungstechnischen Anlage wird die Zelle von der zentralen Be- und Entlüftung isoliert. Die luftdichten Absperrklappen des Zu- und Abluftsystems werden automatisch geschlossen.

	TECHNISCHE DIENSTE GRUPPE LÜFTUNG	DOKUMENT-NR.: 14K3-GLB-TB10/-
		BLATT-NR.: 2
FUNKTIONS- BESCHREIBUNG	LUFTECHNISCHE ANLAGEN	TITEL:
		GEBÄUDEFLÜGEL: B
<p>Gleichzeitig wird die Zellen-Notabsaugung in Betrieb genommen. Das Absperrventil der Notabsaugung öffnet.</p> <p>Die Zelle wird entlüftet (Absaugung der Leckluft) und in einen Unterdruck von ca. $P = -10$ Pa gegenüber der Bedienungszone gehalten.</p>		
<p>C: Betrieb bei CO₂-Flutung</p> <p>- <u>Flutung der Zelle</u></p> <p>Bei Bedarf kann die Zelle mit CO₂ geflutet werden. Nach Betätigung der Auslösetaste werden folgende Schritte automatisch eingeleitet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die luftdichte Absperrklappe im Zuluftsystem wird geschlossen. • Über ein Magnetventil wird die Abluft-Regelklappe vom Luftvolumenstrom-Regler auf den Unterdruck-Regler geschaltet. • Die CO₂-Flutanlage wird zeitverzögert (5 sek.) ausgelöst. 5 Flaschen CO₂, à 30 kg, CO₂-Volumen = 84 m³ werden in die Zelle eingespritzt. (Dauer: ≈ 2 min.) • Der Unterdruck-Regler regelt die Abluft-Regelklappe auf $P = -200$ Pa, um den Zellen-Unterdruck zu halten. • Der O₂-Gehalt in der Zelle wird mit ca. 10 % gemessen. <p>- <u>Halteflutung</u></p> <p>Nach einer einstellbaren Zeitdauer (Zeitrelais ≈ 2 min.) wird der Unterdruck der Zelle auf $P = -150$ Pa (2. Regel-Sollwert) geregelt.</p> <p>Der O₂-Gehalt der Zellen-Atmosphäre wird mit ca. 10 bis 13 % gemessen.</p> <p>- <u>Nachflutung</u></p> <p>Um die O₂-Konzentration in der Zelle von ca. 13 - 15 % zu halten, werden nach 6 min. bzw. 14 min. jeweils 2 weitere CO₂-Flaschen in die Zelle gespritzt. Der Unterdruck in der Zelle regelt sich auf $P = -150$ Pa ein.</p>		



FUNKTIONS- BESCHREIBUNG

LUFTECHNISCHE ANLAGEN

TITEL:

GEBÄUDEFLÜGEL: B

D: Zusatz-Entlüftung

Bei Verringerung des Zellen-Unterdruckes infolge verminderter Absaugung wegen Verschmutzung der Zellen-Abluftfilter auf $P = -30 \text{ Pa}$, wird über ein Alarm-Kontaktmanometer die luftdichte Absperrklappe der Zusatz-Abluft-Filterstation geöffnet.

Der Unterdruck-Regler regelt parallel die Abluft-Regelklappe der Zellen-Abluft-Filterstation und der Zusatz-Abluft-Filterstation um den Unterdruck in der Zelle von $P = -150 \text{ Pa}$ zu halten.

E: Rückschaltung in den Normalbetrieb

Nach Ende der CO_2 -Flutung muß zur Einschaltung des Normalbetriebes die Quittiertaste am Schaltschrank, der vor der Stirnseite der Zelle montiert ist, gedrückt werden.

Alle Funktionen schalten dann automatisch in den Normalzustand.

F: Betrieb des N_2 -Caisson's in der Zelle

- Normalbetrieb

Die Be- und Entsorgung des Caisson's in der Zelle mit N_2 erfolgt über die N_2 -Anlage im Gebäudeflügel -B-. Der Unterdruck wird über diese Anlage mit $P = -200 \text{ Pa}$ gegenüber der Bedienungszone gehalten.

- Notbetrieb

Bei Ausfall oder Stillstand der N_2 -Anlage wird der Caisson über die N_2 -Notabsaugung entlüftet. Hierbei wird N_2 über den Speicherbehälter nachgespeist.

Anlage: Verfahrensschema