

1 **COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE**

**CENTRE D'ETUDES NUCLEAIRES DE SACLAY**

Service de Documentation

F91191 GIF SUR YVETTE CEDEX

CEA-CONF -- 8300

P4

**AUTOMATISATION d'UN ENSEMBLE DE MESURE DE L'ACTIVITE ALPHA  
DES FUTS DE DECHETS**

**LABARRÉ, S.; BARDY, N. CEA Centre de Bruyeres-le-Châtel, 91-  
(France)**

Communication présentée à :

**ATSR Congress  
Cherbourg (France)  
16-18 Oct 1985**

## SOMMAIRE

Nous présentons l'automatisation d'une station opérationnelle effectuant la mesure de l'activité alpha contenue dans les fûts de déchets produits sur le Centre d'Etudes de Bruyères-le-Châtel.

Cet ensemble permet de déterminer :

- la quantité de matière nucléaire contenue dans les fûts,
- leur destination : stockage ou retraitement.

Grâce à cette automatisation le nombre de mesures et leur fiabilité se trouvent optimisés.

## P L A N

### 1/ RESUME

### 2/ INTRODUCTION

### 3/ DESCRIPTION DE L'ENSEMBLE DE LA STATION GAMMA - NEUTRON

3.1 - Présentation des chaînes de mesure gamma et neutron

3.2 - La mesure des neutrons de fissions spontanées

3.3 - Les étalonnages

3.4 - Performances et précision des mesures

### 4/ AUTOMATISATION DES MESURES PAR ANALYSEUR PROGRAMMABLE INTERTECHNIQUE IN 96

4.1 - IN 96 contrôleur des commandes mécaniques

4.2 - IN 96 pilote de la voie neutron

4.3 - Présentation des programmes

4.4 - IN 96, calculateur

### 5/ CONCLUSION

1/ RESUME

L'activité des émetteurs alpha contenus dans les fûts de déchets de 200 litres produits à BRUYERES-LE-CHATEL est déterminée par un IN 96, analyseur programmable de la Société INTERTECHNIQUE, à partir des données délivrées par un détecteur gamma (GeHP) et par des blocs de détecteurs neutron (compteur He).

Cet analyseur programmable gère non seulement la rotation et la position du fût devant le détecteur, mais aussi l'aiguillage des données expérimentales et leur traitement à partir des programmes spécifiques (bruit de fond, calibration, mesure des fûts).

Grâce à cette automatisation le nombre des mesures et leur fiabilité se trouvent optimisés .

## 2/ INTRODUCTION

Sur le Centre d'Etudes de Bruyères-le-Châtel, le tri des fûts de déchets et la comptabilité des matières nucléaires qu'ils contiennent dépendent des mesures effectuées au S.P.R.

L'abaissement des normes de stockage des fûts définies par l'ANDRA\* (Réf. 1) et la nécessité de réaliser un suivi et une comptabilité plus précise des matières nucléaires a conduit le SPR/B.III à mettre en oeuvre plusieurs types de station d'analyse de fûts de déchets :

- station gamma - neutron
- station gamma à faible bruit de fond
- station neutron basée sur la méthode des neutrons pulsés (Réf. 2)

La station gamma - neutron détermine l'activité alpha des fûts de 200 litres chargés de déchets de faible densité ( $\rho \approx 0,25 \text{ g.cm}^{-3}$ ) par spectrométrie gamma (diode GeHP) et par mesure neutron; après une brève description de l'appareillage nous présentons la gestion de la station par un analyseur programmable, I: 96.

\* ANDRA : Agence Nationale pour la Gestion des Déchets RADIOactifs  
Les normes de stockage au S.S.M. (Site de Stockage de la Manche)  
sont les suivantes :

La somme des activités des émetteurs alpha doit avoir, dans 300 ans, une valeur moyenne de  $10^{-2} \text{ Ci.t}^{-1}$  sur le site et ne doit pas dépasser  $10^{-1} \text{ Ci.t}^{-1}$ . Cette dernière valeur limite donne pour les fûts produits sur B.III 40 mCi à 300 ans, soit environ 480 mg de Pu par fût plein de 200 litres à la production.

### 3/ DESCRIPTION DE L'ENSEMBLE DE MESURE

L'ensemble de mesure est installé dans l'extension du bâtiment d'entreposage des fûts, d'où un effort fait dans le renforcement des murs de salle de mesure et le blindage en plomb de la diode, pour se protéger du bruit de fond gamma et neutron assez élevés en cet endroit.

Le schéma et des photos relatives à la station sont présentés en annexe.

Le fût est sur un plateau monté sur vérin, qui permet de le placer soit en position de mesure gamma, soit en position de mesure neutron.

Il est en rotation de 8 tours par minute.

L'ensemble des mouvements du fût (rotation, déplacements) ainsi que les commandes d'acquisition gamma et neutron et le traitement des données sont gérés par un analyseur programmable IN 96 B de la Sté INTERTECHNIQUE.

#### 3.1 - Présentation des chaînes de mesure gamma et neutron

Le détecteur est une diode au germanium hyper-pur de  $65 \text{ cm}^3$  de volume coudée, 10 % d'efficacité et 1,8 keV de résolution au  $^{60}\text{Co}$ . Elle est protégée par un collimateur de plomb de 5 cm d'épaisseur.

Le fût en rotation est vu dans sa totalité.

La distance diode - centre du fût est de 140 cm.

La durée de l'acquisition gamma est de 1800 s.

La gamme d'analyse du spectre gamma s'étend de 30 keV à 700 keV

#### 3.2 - La mesure des neutrons de fissions spontanées

Elle est faite par la méthode de JACQUESSON (Réf. 3).

La chaîne de mesure est placée dans une fosse et comprend :

- 6 modules détecteurs répartis uniformément autour du fût.
- 18 compteurs proportionnels à He du type 150 NH 100, à raison de 3 compteurs par module.
- 1 module de traitement avec 3 voies en entrée (6 compteurs par voie) réalisé par le Service Electronique de Saclay

Ce module comporte deux voies de comptage :

- la voie rapide avec un temps mort de 40 ns
- la voie lente avec un temps mort de 128  $\mu\text{s}$ .

La durée d'une mesure est de 800 secondes.

Les deux voies de comptage sont reliées à l'IN 96 par l'intermédiaire d'une double échelle de mesure (CANBERRA).

### 3.3 - Les étalonnages

Un fût étalon a été constitué.

Il est représentatif de la majorité des fûts mesurés : densité de la matrice de l'ordre de  $0,2 \text{ g.cm}^{-3}$ .

Pour la mesure gamma, une courbe d'efficacité moyenne a été établie grâce à une source étalon mesurée à différents points du fût.

La même procédure a été utilisée pour l'étalonnage neutron.

### 3.4 - Performances et précision des mesures

#### a) Limite de détection

- Limite gamma : la limite de détection est de 100 mg de  $^{239}\text{Pu}$  en 1800 secondes.
- Limite neutron : elle est de 40 mg de  $^{240}\text{Pu}$  en 800 secondes.

#### b) Précision des mesures

Elle est de l'ordre de plus ou moins 30 % pour la méthode gamma et de plus ou moins 40 % pour la méthode neutron.

#### 4/ AUTOMATISATION DES MESURES

Un analyseur IN 96 contrôle les commandes mécaniques, gère la voie neutron, permet la mesure des fûts et calcule les différentes valeurs utiles à l'expédition des fûts.

##### 4.1 - IN 96 - contrôleur des commandes mécaniques

L'IN 96 commande les déplacements verticaux du fût et la rotation du plateau.

Il vérifie le bon centrage du fût.

Le transfert des instructions issues de l'IN 96 s'effectue par l'intermédiaire de l'interface M 1604.

En ce qui concerne les commandes mécaniques nous utilisons :

- 4 sorties :
  - marche - arrêt rotation
  - marche - arrêt pompe
  - montée
  - descente
  
- 4 entrées en provenance des interrupteurs de l'installation
  - interrupteur position haute
  - interrupteur position basse
  - cellule photoélectrique qui contrôle la rotation du fût
  - cellule photoélectrique qui contrôle le centrage du fût

Nous rappelons que les interrupteurs servent à interrompre la montée ou la descente du plateau.

##### 4.2 - IN 96 pilote de la voie neutron

L'évaluation de l'activité des émetteurs alpha contenus dans les fûts de déchets passe par une mesure des neutrons de fissions spontanées. Le déclenchement de la mesure, l'aiguillage des informations vers les échelles de comptage, l'arrêt et l'utilisation des comptages sont entièrement gérés par l'IN 96.



a) matériel utilisé

- une double échelle de comptage (une échelle pour la voie lente, une pour la voie rapide)
- un coupleur M 4653
- un bus IEEE

b) présentation de la double échelle de comptage

Le module CANBERRA 2071 offre dans une seule unité NIM la possibilité de disposer de deux échelles de comptage de 8 décades, d'un circuit horloge et d'une logique de présélection. Nous utilisons le module comme un compteur d'évènements avec présélection du temps.

Le module 2071 possède l'interface Ge PIB.

c) connexion IN 96 tiroir CANBERRA 2071

Cette liaison comprend :

- un interface Ge PIB pour le tiroir CANBERRA
- un coupleur M 4653 pour l'IN 96
- un bus IEEE

L'interface Ge PIB du tiroir CANBERRA permet la connexion avec un bus IEEE.

Le coupleur M 4653 est un interface de commande d'appareils de mesure programmables répondant à la norme IEEE 488.

L'ensemble permet les échanges entre le tiroir CANBERRA et l'IN 96.

d) programmation de la liaison IEEE

Elle a été réalisée en collaboration avec le personnel de la Sté INTERTECHNIQUE.

Le "contrôleur" (IN 96) démarre le système de comptage par un ordre adressé au "parleur" (tiroir CANBERRA). A la fin du temps présélectionné sur le tiroir, le système s'arrête de compter et envoie sur une ligne du bus un message de fin de comptage et sur une autre ligne le contenu du digit le plus à gauche de la première échelle de comptage. L'IN 96 va vérifier que le comptage est terminé, puis lire le contenu de la double échelle.

### 4.3 - Présentation des programmes

Une série de mesure de fûts utilise successivement trois programmes :

- un programme "bruit de fond"
- un programme "calibration"
- un programme "fût"

#### 4.3.1 - le programme "bruit de fond"

Ce programme entièrement automatique s'exécute la nuit. Il permet de faire une acquisition gamma de 5 heures et une série de 30 acquisitions neutron de 800 secondes.

Suite aux acquisitions, le spectre gamma est enregistré sur disquette; l'ensemble des comptages de la voie neutron permet de conserver en mémoire vive les valeurs relatives au bruit de fond neutron.

#### 4.3.2 - le programme "calibration"

Ce programme doit être utilisé avant une série de mesure de fûts.

Une acquisition gamma permet de vérifier la calibration sur trois pics de références obtenus grâce à des sources ponctuelles étalons :

- $^{241}\text{Am}$  : 59,54 keV
- $^{113}\text{Sn}$  : 391,7 keV
- $^{137}\text{Cs}$  : 661,66 keV

En cas de dérive égale ou supérieure à 1 keV, une nouvelle calibration sera demandée.

Pour chacune des 3 énergies il y a une sortie sur papier de :

- la position du pic
- la résolution
- le nombre de coups dans le pic. Cette valeur est comparée à une valeur référence.

Ce programme permet de vérifier la stabilité de la chaîne en énergie et en rendement.

### 4.3.3 - le programme "fût"

La mesure d'un fût, commandée par IN 96 comporte plusieurs phases :

- les mouvements du fût : rotation et déplacements verticaux
- démarrage, acquisition et traitement de la voie gamma
- démarrage, acquisition et traitement de la voie neutron

Les problèmes de liaisons et de commandes mécaniques ont été traités précédemment.

Nous allons aborder maintenant la phase calculs.

Pour déterminer la destination d'un fût, il faut connaître l'activité des différents radioéléments présents. En outre, pour répondre aux normes ANDRA, il faut calculer l'activité des émetteurs alpha à 300 ans.

Il faut tenir compte de la formation de l' $^{241}\text{Am}$  descendant du  $^{241}\text{Pu}$  et émetteur alpha.

Pour cela, il est nécessaire de faire une hypothèse sur l'âge du Pu mesuré : nous supposons qu'au moment de la mesure, il a 2 ans (âge considéré comme le plus probable).

### 4.4 - Déroulement du programme utilisé pour la mesure des fûts

Suite des opérations :

- le programme demande à l'utilisateur de mettre le fût sur le plateau
- le spectre bruit de fond gamma est remonté en mémoire vive
- le programme vérifie le bon centrage du fût et met le fût en rotation
- il rappelle à l'utilisateur de vérifier le temps mort au codeur (le temps mort doit être inférieur à 10 %)
- le fût est descendu dans la fosse en position neutron
- le fût en rotation est mesuré en neutron durant 800 secondes
- la référence du fût est entrée par l'utilisateur (l'utilisateur n'est plus indispensable durant environ 40 minutes)
- attente de la fin du comptage neutron
- remontée du fût en position gamma
- acquisition gamma durant 1800 secondes (fût en rotation)

- sortie du comptage neutron
- attente de la fin de l'acquisition gamma
- selon la configuration du spectre, l'utilisateur a la possibilité de prolonger l'acquisition d'un temps quelconque
- en cas de dérive l'utilisateur a la possibilité de refaire une calibration
- soustraction du bruit de fond gamma
- marquage par l'utilisateur des pics caractéristiques
- sortie des résultats sous forme de tableau :
  - . position du pic
  - . résolution
  - . nombre de coups
  - . erreur sur le pic
- possibilité de modifier le marquage
- calculs d'activité pour chacune des énergies des radioéléments considérés
- choix de l'activité pour chaque radioélément fait par l'utilisateur
- calculs de l'activité des isotopes à 300 ans
- choix du spectre référence
- sortie utilisée pour l'expédition

#### 4.5 - IN 96 calculateur

##### 4.5.1 - Energies considérées

Pour chaque radioélément mesuré, nous avons sélectionné les énergies à partir desquelles nous effectuons les calculs d'activités.

Nous donnons dans un tableau les isotopes considérés :

.../...

<u>Isotopes</u>	<u>Energies</u>
$^{238}\text{Pu}$	153 keV
$^{239}\text{Pu}$	129 keV
	203 keV
	345 keV
	375 keV
	414 keV
$^{240}\text{Pu}$	160 keV
	642 keV
$^{241}\text{Am}$	60 keV
	125 keV
	662 keV
$^{241}\text{Pu}$	148 keV

#### 4.5.2 - Corrections apportées à certaines énergies

Certaines énergies comme le 125 keV de  $^{241}\text{Am}$  et le 160 keV du  $^{240}\text{Pu}$  sont perturbées par des énergies très proches émises par d'autres isotopes. Il faut alors corriger la surface avant d'effectuer les calculs d'activité.

#### 4.5.3 - Calcul de l'activité par énergie au temps de mesure

Selon le poids de la matrice, nous considérons que le fût mesuré est soit :

- proche du fût étalon
- différent du fût étalon

a) cas d'un fût proche du fût étalon

$$A \text{ (Ci)} = \frac{S \times e^{ux}}{T \times I \times \text{Eff} \times 3,7 \cdot 10^{10}}$$

S : nombre de coups dans le pic considéré

$e^{ux}$  : correction de l'atténuation par un écran de fer (s'il y a lieu)

u : coefficient d'atténuation du fer en  $\text{cm}^{-1}$

x : épaisseur de l'écran de fer en cm

T : durée de l'acquisition en secondes

I : intensité d'émission du gamma considéré

Eff : valeur de l'efficacité à cette énergie donnée par l'étalonnage dans un fût étalon

b) cas d'un fût différent du fût étalon

$$A \text{ (Ci)} = \frac{S e^{ux} e^{u'x'}}{T \times I \times \text{Eff}' \times 3,7 \cdot 10^{10}}$$

S : nombre de coups dans le pic considéré

$e^{ux}$  : correction de l'atténuation par un écran de fer (s'il y a lieu)

$e^{u'x'}$  : correction de l'atténuation par la matrice

T : durée de l'acquisition en secondes

I : intensité d'émission du gamma considéré

Eff' : efficacité pour une source ponctuelle placée dans l'air à 140 cm de la diode, dans l'axe de celle-ci.

Ainsi pour chaque isotope, nous calculons l'activité à partir d'une ou plusieurs énergies.

Les résultats de ces calculs s'affichent sur l'écran pour chaque isotope; en fonction des renseignements qu'il possède (notamment l'incertitude sur la surface, la résolution), l'utilisateur détermine l'activité dans la configuration particulière de la matrice du fût.

C'est cette activité qui sera prise en compte dans les calculs suivants.

#### 4.5.4 - Calcul de l'activité au temps zéro

C'est une étape avant le calcul de l'activité à 300 ans, utile notamment pour la détermination de l'activité de  $^{241}\text{Am}$  à 300 ans. (à partir du  $^{241}\text{Pu}$ ).

#### 4.5.5 - Calcul de l'activité à 300 ans

Ce calcul nous permet de savoir si le fût peut être envoyé à l'ANDRA.

Il faut pour cela que l'activité alpha totale à 300 ans soit inférieure à 40 mCi.

#### 4.5.6 - Spectre de référence

Pour compléter l'étiquette d'envoi d'un fût à l'ANDRA, outre l'activité des émetteurs alpha à 300 ans, nous devons donner la composition isotopique du Pu contenu en se référant pour cela à des spectres types communiqués à l'ANDRA.

Le spectre (pourcentage en activité alpha de chaque radioélément) peut être calculé à partir des activités mesurées. Toutefois cela n'est pas toujours possible : notamment la teneur en  $^{240}\text{Pu}$  (élément important de qualification du spectre) n'est pas toujours mesurable par spectrométrie gamma ou mesure neutronique.

Nous disposons alors d'une autre méthode de mesure de la teneur en  $^{240}\text{Pu}$  par le rapport des surfaces des pics de 148 keV et 129 keV. Il a été établi expérimentalement une correspondance entre ce rapport et la teneur en  $^{240}\text{Pu}$ .

Cet élément également pris en compte dans le programme, permet de calculer le spectre du Pu contenu dans le fût et de l'associer à un spectre de référence.

#### CONCLUSION

Cette station opérationnelle de mesure d'activité alpha par spectrométrie gamma et mesure des neutrons spontanés, pilotée par un analyseur programmable a les caractéristiques suivantes :

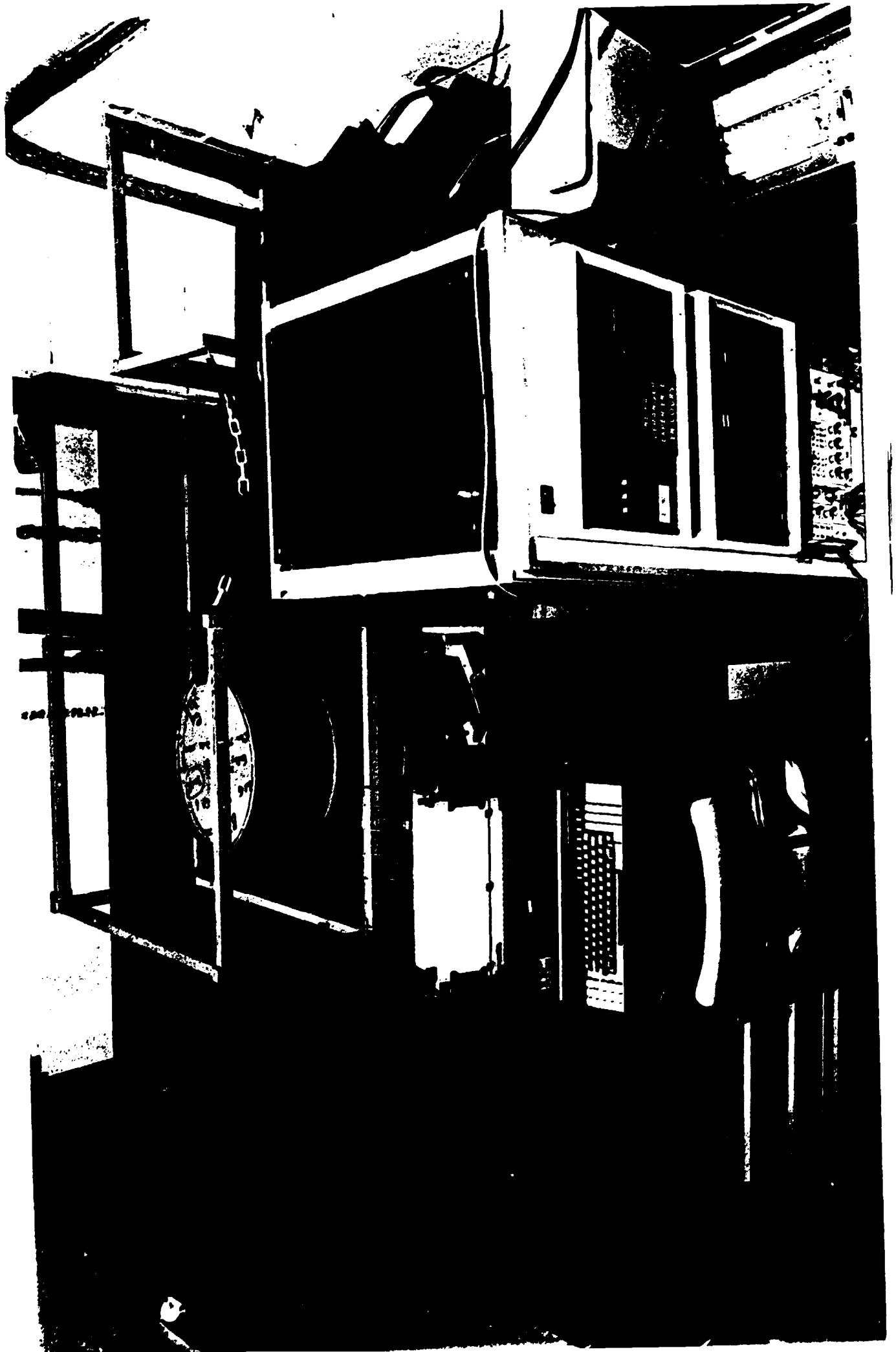
- pilotage des mouvements du fût
- acquisitions gamma et neutron s'effectuant automatiquement pendant 40 minutes sans présence d'opérateur
- calculs automatiques de l'activité des émetteurs alpha.

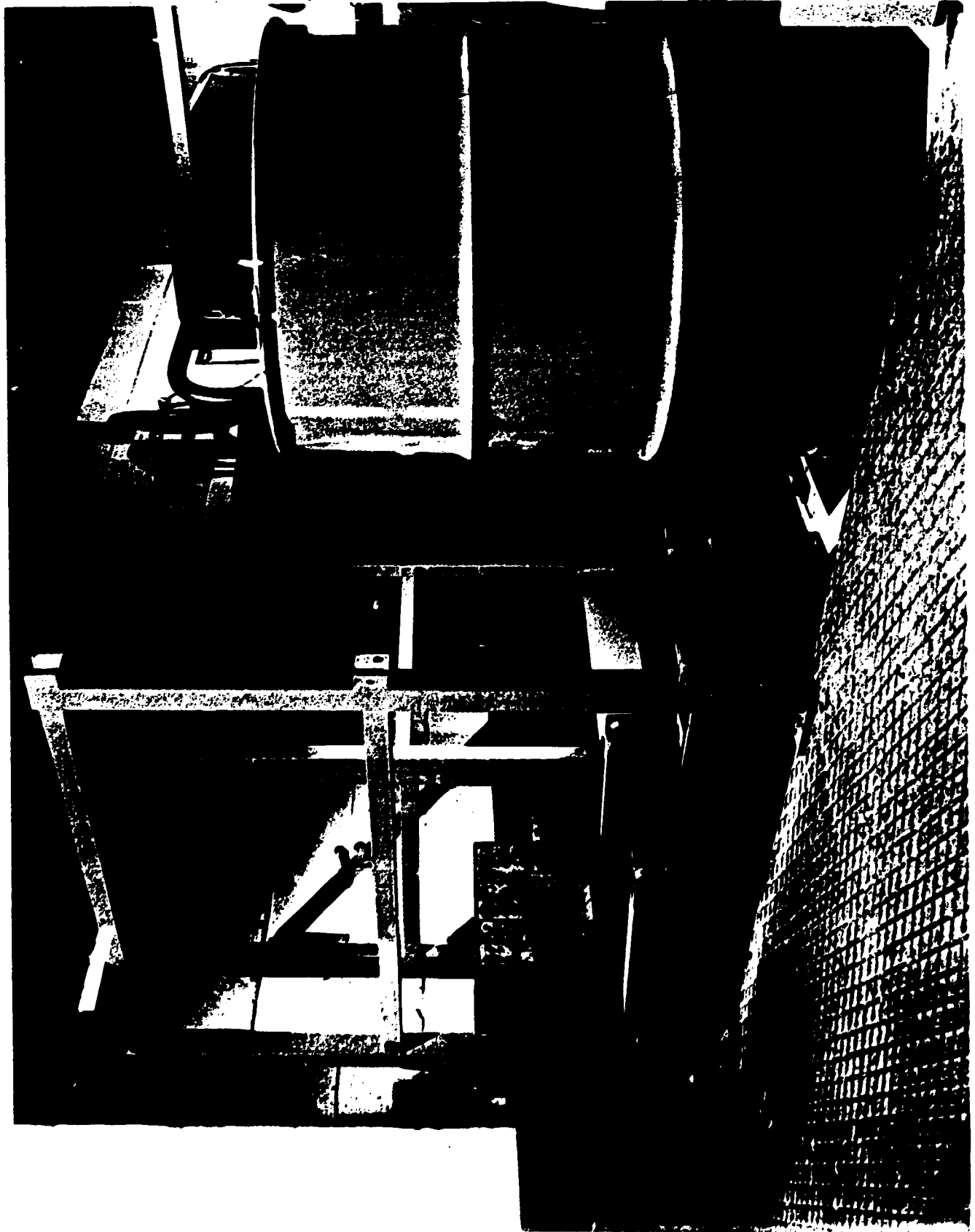
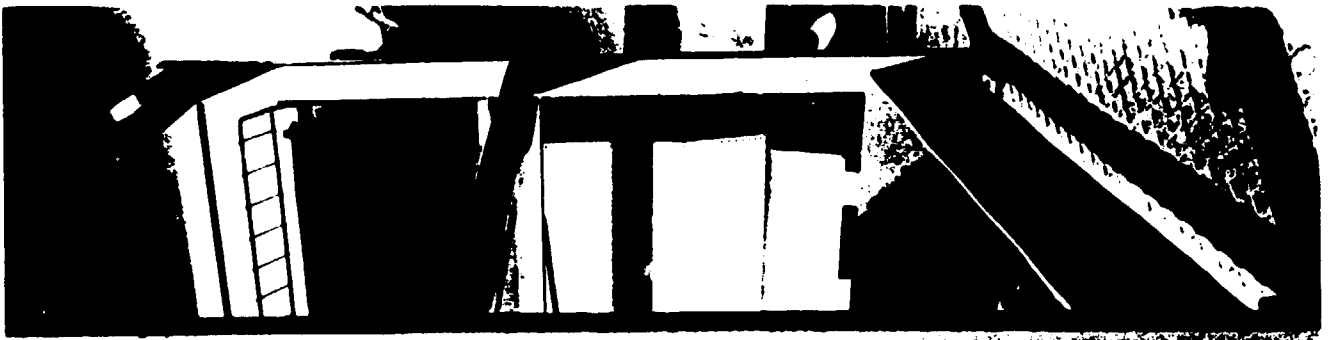
Noton enfin que l'expérience acquise sur cet ensemble a permis d'automatiser rapidement d'autres ensembles de mesure. (mesure des sacs de déchets, mesure faible activité avec enceinte de plomb).

L'automatisation a été facilitée grâce à la collaboration efficace  
de :

MM. CHARDON Daniel  
CROSNIER Jean  
DEPLAYE Daniel  
GAINETTE Marc  
LHULLIER Georges  
MAGRI Yvon  
PERRIER André







## REFERENCES

1/ ANDRA - norme STP 1.1.1.A - 1985

Détermination des activités massiques et de leurs limites à respecter pour les colis de déchets radioactifs destinés à être stockés par un site de surface.

2/ CANCE M. BARDY N.

Méthodes de mesures de l'activité alpha dans les déchets nucléaires : spectrométrie gamma, détection des neutrons de fissions spontanées et provoquées.

Communication présentée au Congrès "La Radioprotection, 50 ans après la découverte de la Radioactivité artificielle" organisé par l'ATSR du 6 au 8 Novembre 1984 à Strasbourg  
CEA CONF. 7684.

3/ JACQUESSON Jacques

Dénombrement de processus nucléaires comportant l'émission simultanée de plusieurs neutrons

IN : Le Journal de Physique appliquée, suppl. n° 6 - tome 24, pp 112 A-6  
1963.