

FR 8000 818

CEA-R-5027

CEA-R-5027

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE

E.41

**SURVEILLANCE EN CONTINU
DU TRITIUM DANS L'EAU**

par

Solange DESCOURS, Paul GUERIN

Centre d'Etudes Nucléaires de Grenoble

Rapport CEA-R-5027

1980

Ea

SERVICE DE DOCUMENTATION

C.E.N. - SACLAY B.P. n° 2, 91 190 - GIF-sur-YVETTE - France

PLAN DE CLASSIFICATION DES RAPPORTS ET BIBLIOGRAPHIES CEA

(Classification du système international de documentation nucléaire SIDON/INIS)

A 11	Physique théorique	C 30	Utilisation des traceurs dans les sciences de la vie
A 12	Physique atomique et moléculaire	C 40	Sciences de la vie : autres études
A 13	Physique de l'état condensé	C 50	Radioprotection et environnement
A 14	Physique des plasmas et réactions thermonucléaires		
A 15	Astrophysique, cosmologie et rayonnements cosmiques	D 10	Isotopes et sources de rayonnements
A 16	Conversion directe d'énergie	D 20	Applications des isotopes et des rayonnements
A 17	Physique des basses températures		
A 20	Physique des hautes énergies	E 11	Thermodynamique et mécanique des fluides
A 30	Physique neutronique et physique nucléaire	E 12	Cryogénie
		E 13	Installations pilotes et laboratoires
B 11	Analyse chimique et isotopique	E 14	Explosions nucléaires
B 12	Chimie minérale, chimie organique et physico-chimie	E 15	Installations pour manipulation de matériaux radioactifs
B 13	Radiochimie et chimie nucléaire		
B 14	Chimie sous rayonnement	E 16	Accélérateurs
B 15	Corrosion	E 17	Essais des matériaux
B 16	Traitement du combustible	E 20	Réacteurs nucléaires (en général)
B 21	Métaux et alliages (production et fabrication)	E 30	Réacteurs nucléaires (types)
B 22	Métaux et alliages (structure et propriétés physiques)	E 40	Instrumentation
B 23	Céramiques et ciments	E 50	Effluents et déchets radioactifs
B 24	Matières plastiques et autres matériaux		
B 25	Effets des rayonnements sur les propriétés physiques des matériaux	F 10	Economie
B 30	Sciences de la terre	F 20	Législation nucléaire
		F 30	Documentation nucléaire
C 10	Action de l'irradiation externe en biologie	F 40	Sauvegarde et contrôle
C 20	Action des radioisotopes et leur cinétique	F 50	Méthodes mathématiques et codes de calcul
		F 60	Divers

Rapport CEA-R-5027

Cote-matière de ce rapport : E.41

DESCRIPTION-MATIERE (mots clefs extraits du thesaurus SIDON/INIS)

en français

en anglais

TRITIUM	TRITIUM
EAU	WATER
SURVEILLANCE DES RAYONNEMENTS	RADIATION MONITORING
MONITEURS DE RAYONNEMENT	RADIATION MONITORS
DISPOSITIFS D'ALERTE	ALARM SYSTEMS
CONCENTRATION MAXIMALE ADMISSIBLE	MAXIMUM PERMISSIBLE CONCENTRATION
CONCENTRATION RADIOECOLOGIQUE	RADIOECOLOGICAL CONCENTRATION
DECHETS LIQUIDES	LIQUID WASTES
DECHETS FAIBLEMENT RADIOACTIFS	LOW-LEVEL RADIOACTIVE WASTES
DETECTION DES PARTICULES BETA	BETA DETECTION
DETECTEURS A SCINTILLATEUR LIQUIDE	LIQUID SCINTILLATION DETECTORS
DETECTEURS A SCINTILLATEUR PLASTIQUE	PLASTIC SCINTILLATION DETECTORS
TECHNIQUES DE COMPTAGE	COUNTING TECHNIQUES
TECHNIQUES DES IMPULSIONS	PULSE TECHNIQUES
PHOTOMULTIPLICATEURS	PHOTOMULTIPLIERS
BRUIT DE FOND	BACKGROUND NOISE
SENSIBILITE	SENSITIVITY
ESSAIS DE FONCTIONNEMENT	PERFORMANCE TESTING
FILTRATION	FILTRATION

- Rapport CEA-R-5027 -

Centre d'Etudes Nucléaires de Grenoble
Service de Protection contre les Rayonnements

SURVEILLANCE EN CONTINU DU TRITIUM DANS L'EAU

par

Solange DESCOURS, Paul GUERIN

- Février 1980 -

LISTE DES SIGLES UTILISES POUR LE RAPPORT

C.E.N.G.	: Centre d'Etudes Nucléaires de Grenoble
CEN.CAD	: Centre d'Etudes Nucléaires de Cadarache
S.P.R.	: Service de Protection contre les Rayonnements
G.T.4	: Groupe de Travail n° 4
C.I.R	: Comité d'Instrumentation de la Radioprotection
STEC/SEIn	: Service Technique/Section d'Electronique et d'Instrumentation
STEC/GIEE	: Service Technique/Groupe d'Ingénierie d'Ensembles et d'Electricité
P.F.	: Produits de Fission
Imp.	: Impulsions
bdf	: bruit de fond
T.C.R.	: Tableau de Contrôle des Rayonnements
C.M.A. _p	: Concentration Maximale Admissible pour la Population

S O M M A I R E

1 - INTRODUCTION

2 - ETUDE DE L'ENSEMBLE DE DETECTION

2.1 - Etude préliminaire

2.1.1 - Mesure du tritium

2.1.2 - Le banc de mesure

2.1.3 - Photomultiplicateurs et électronique

2.1.4 - Etude du bruit de fond en fonction de la température et de l'électronique

2.1.5 - Essais des différentes cellules du commerce

2.1.5.1 - Choix des cellules

2.1.5.2 - Sensibilité et bruit de fond en statique

2.1.5.3 - Comparaisons des différentes cellules

2.1.5.4 - Essai de la "Flow-cell" en circulation

2.1.6 - Etude d'une nouvelle cellule

2.1.6.1 - Géométrie de la cellule

2.1.6.2 - Scintillateur

2.1.7 - Conclusion

2.2 - Maquette

2.2.1 - Description

2.2.1.1 - Banc de mesure

2.2.1.2 - Electronique et photomultiplicateur

2.2.1.3 - Cellule de détection

2.2.2 - Essais en statique

2.2.3 - Essais en dynamique

2.2.3.1 - Bruit de fond et rendement

2.2.3.2 - Temps de réponse et temps de décontamination

2.2.3.3 - Influence des réflecteurs

2.2.3.4 - Influence d'un couplage optique

2.2.3.5 - Effet de la température de l'effluent à mesurer

2.2.3.6 - Effet du rayonnement ambiant sur le bruit de fond

2.3 - Conclusion pour les caractéristiques techniques d'un prototype

S O M M A I R E (suite)

- 3 - REALISATION DU PROTOTYPE TRIDYN
 - 3.1 - Spécifications
 - 3.1.1 - Caractéristiques techniques
 - 3.1.2 - Spécifications d'utilisation
 - 3.1.2.1 - Caractéristiques du milieu ambiant
 - 3.1.2.2 - Caractéristiques du fluide
 - 3.1.3 - Caractéristiques physiques
 - 3.1.3.1 - Bruit de fond et sensibilité au tritium
 - 3.1.3.2 - Sensibilité aux autres contaminants
 - 3.1.3.3 - Influence du rayonnement ambiant sur le bruit de fond
 - 3.1.3.4 - Autonomie du détecteur
 - 3.2 - Modifications
 - 3.3 - Description
 - 3.3.1 - Mécanique
 - 3.3.2 - Ensemble de détection
 - 3.3.3 - Electronique
 - 3.3.4 - Circuit électrique
- 4 - ESSAIS DES PROTOTYPES TRIDYN
 - 4.1 - Introduction
 - 4.2 - Essais en laboratoire
 - 4.2.1 - Etanchéité
 - 4.2.2 - Réglages de l'électronique
 - 4.2.3 - Temps de réponse de la cellule
 - 4.3 - Fonctionnement sur égout avec filtration
 - 4.3.1 - Description de l'installation
 - 4.3.2 - Essai de longue durée
 - 4.3.3 - Régénération des billes polluées
 - 4.3.4 - Conclusion
 - 4.4 - Résultats obtenus avec bloc d'épuration
 - 4.4.1 - Introduction
 - 4.4.2 - Distillation en continu
 - 4.4.3 - Epuration par résines
 - 4.4.4 - Filtration fine et charbon actif

S O M M A I R E (suite)

5 - DEVELOPEMENT DES PROCHAINS APPAREILS : TRIDYN 79

6 - CONCLUSION

CEA-R-5027 - Solange DESCOURS, Paul GUERIN
SURVEILLANCE EN CONTINU DU TRITIUM DANS L'EAU

Summary. - L'appareil TRIDYN a été étudié pour le contrôle en continu du tritium dans les effluents avec une limite de sensibilité de l'ordre de 10^{-5} $\mu\text{Ci/ml}$ (soit 1/3 de la concentration maximale admissible en tritium dans l'eau pour la population). Il est bien adapté aux applications de la radioprotection. L'effluent est filtré, puis mesuré au passage sur un scintillateur plastique en billes, contenu dans une cellule plastique et placé entre 2 photomultiplicateurs. La géométrie de la cellule et celle du scintillateur ont été étudiées pour avoir une réponse maximale. Le bruit de fond est abaissé par une protection en plomb de 5 cm d'épaisseur et une électronique à coïncidence du même type qu'en scintillation liquide. L'étude de la filtration et du débit sur un circuit d'eau industrielle a permis d'obtenir un temps de réponse inférieur à 30 minutes pour une concentration de $5 \cdot 10^{-5}$ $\mu\text{Ci/ml}$, une tenue du scintillateur de 6 mois avec une perte de sensibilité inférieure à 10%, et une autonomie de 8 jours sans intervention manuelle.

1980

56 p.

Commissariat à l'Energie Atomique - France

CEA-R-5027 - Solange DESCOURS, Paul GUERIN
CONTINUOUS MONITORING OF TRITIUM IN WATER

Summary. - TRIDYN is a detector studied for continuous monitoring of tritium in water. Its sensitivity of approximately 10^{-5} $\mu\text{Ci/milliliter}$ (one-third of the maximum permissible tritium concentration for the population at large) makes it ideal for radiological protection applications (effluents flowing in process drains, sewers, etc...). The effluent is filtered and then passed through a transparent flowcell containing plastic scintillator beads held between two photomultiplier tubes (PMTs). The cell's geometry and scintillator's geometry are designed to maximize measuring efficiency. Background is minimized by a 50 millimeter thick lead shielding and electronic circuitry of the same type as employed with liquid scintillators. This effluent purification unit can operate continuously for 8 days without manual intervention, the scintillator can operate for 6 months with a loss of sensitivity of less of 10%. The response time of the TRIDYN is less than 30 minutes for a concentration of $5 \cdot 10^{-5}$ $\mu\text{Ci/milliliter}$.

1980

56 p.

Commissariat à l'Energie Atomique - France

1 - INTRODUCTION

L'objectif de cette étude est la définition et la réalisation d'un système de détection du tritium dans l'eau fonctionnant en continu, dont la limite de sensibilité soit, si possible, inférieure à la concentration Maximale Admissible en tritium dans l'eau pour la population.

L'étude a été effectuée au Service de Protection contre les Rayonnements du Centre d'Etudes Nucléaires de Grenoble (SPR/GRE). Dans un premier temps, la réalisation d'une maquette a permis d'étudier et de définir les caractéristiques du détecteur ainsi que celles de l'électronique. L'ensemble de ces essais ont été faits en laboratoire, ils ont débuté par des mesures en statique puis se sont poursuivis par des mesures en dynamique. La rédaction en commun avec le Groupe de Travail n° 4 du Comité d'Instrumentation de la Radioprotection (GT4/CIR) d'un cahier de caractéristiques techniques et de spécifications d'utilisation a permis la mise en fabrication du prototype.

Deux prototypes ont été réalisés au CEN/Cadarache par le Groupe d'Ingénierie d'ensembles et d'électricité du Service Technique (STEC/GTEE) l'un pour le SPR/Grenoble, l'autre pour le réacteur EL3 au CEN.Saclay.

Enfin, les prototypes ont permis d'effectuer des essais en vraie grandeur, à Grenoble sur des effluents liquides et à Saclay sur le circuit secondaire du réacteur EL3. Après plusieurs mois de fonctionnement réel, il est permis de tirer les conclusions pour la mise en fabrication d'une petite série.

2 - ETUDE DE L'ENSEMBLE DE DETECTION

2.1 - Etude préliminaire

2.1.1 - Mesure du tritium

Toutes les difficultés dans la mesure du tritium proviennent de la faible énergie des β émis ($E_{\max} = 17$ keV, $\bar{E} = 6$ keV). Le parcours des β de 17 keV dans l'eau est de l'ordre du micron, en conséquence, seuls les β émis à cette distance de la surface de l'eau seront vus par le détecteur. Ce phénomène conduit à envisager comme seul type de mesure possible la mesure par scintillation où le scintillateur serait au contact même de l'eau à mesurer (scintillateur liquide, scintillateur plastique, anthracène...).

Par ailleurs, la définition de la chaîne de détection devra tenir compte de deux impératifs. D'une part, le fluide est à écoulement continu, d'autre part, le niveau d'activité tritium à mesurer est de l'ordre de la concentration maximale admissible pour la population (que nous appellerons par la suite CMA_p), soit 3.10^{-3} Ci/m³.

De ce fait, parmi les différents scintillateurs envisagés, il apparaît que la mesure par scintillation liquide est mal adaptée. En effet, le contrôle en continu d'un effluent nécessiterait d'automatiser le prélèvement d'échantillon et le mélange avec le scintillateur. Cette méthode met en jeu un matériel de mesure fine, liée à une mécanique complexe, pour un contrôle d'activité de niveau moyen. Il semble donc

mieux approprié de s'orienter vers des scintillateurs solides. Ce choix étant acquis, il reste à définir le type de scintillateur et la géométrie du détecteur, ainsi que les caractéristiques de l'électronique associée. Du fait de la faible énergie des β émis, les impulsions produites sont noyées dans le bruit de fond du photomultiplicateur. Plusieurs méthodes permettent de réduire ce bruit de fond : refroidir les photomultiplicateurs, utiliser deux photomultiplicateurs et un circuit de mesure par coïncidence, se protéger par une enceinte en plomb.

L'étude va donc consister, compte tenu de la sensibilité recherchée à définir le détecteur le mieux adapté, associé à une électronique simple.

2.1.2 - Le banc de mesure

Une installation est réalisée au SPR/Grenoble pour les essais préliminaires (figure 1).

Deux photomultiplicateurs sont mobiles sur deux rails afin de pouvoir ajuster leur position en fonction du détecteur.

Une protection en plomb, usinée à partir de briques de 5 cm d'épaisseur, entoure les deux photomultiplicateur et la cellule, et laisse le passage pour les tubes de circulation du fluide à mesurer, ainsi que pour le gaz de refroidissement et les fils de thermocouple.

L'étanchéité à la lumière du couvercle est assurée par la peinture noire, les corniches au niveau de la table et des joints en caoutchouc.

Le refroidissement est réalisé par arrivée d'un gaz inerte (azote) desséché, puis refroidi dans un serpentin plongeant dans de la carboglace. L'écoulement du gaz, à faible débit, est assuré par les fuites naturelles de l'installation. Un thermocouple placé à l'intérieur de la cellule en plomb permet de mesurer la température.

2.1.3 - Photomultiplicateurs et électronique

Les photomultiplicateurs ont été choisis pour la haute qualité quant à leur efficacité dans le domaine des longueurs d'onde correspondant au spectre d'émission des scintillateurs et à leur faible mouvement propre.

Il s'agit de deux tubes RTC modèle 56 DUVP/03/A à 14 étages et possédant une photo cathode bi-alcaline à fenêtre de quartz.

Ils fonctionnent à haute tension élevée (2 200 V).

Pour les essais préliminaires, l'électronique utilisée est du type Renatran. Elle comporte deux tiroirs "SATI" (amplificateur, sélecteur monocanal, intégrateur) et un tiroir de coïncidence rapide.

La question est de déterminer si la mesure par deux photomultiplicateurs et un circuit de coïncidence est indispensable pour obtenir le niveau de sensibilité recherché.

La réponse ne pourra être donnée qu'après avoir étudié l'influence de la coïncidence sur le bruit de fond et sur la réponse au tritium en fonction des variations de température.

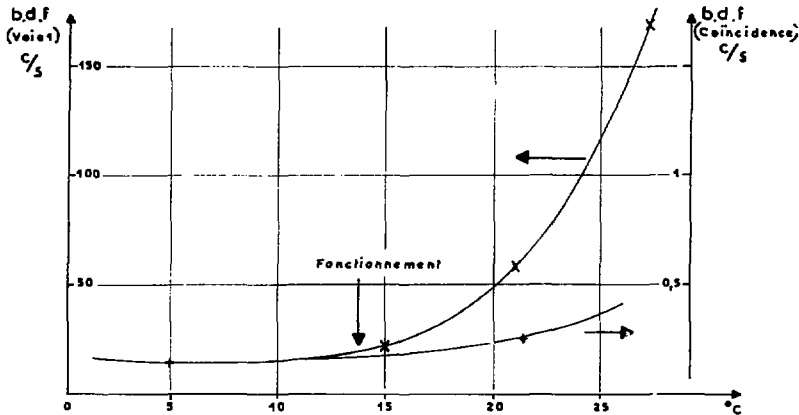
2.1.4 - Etude du bruit de fond en fonction de la température et de l'électronique.

Les premières mesures ont été réalisées en été, dans une pièce non climatisée où les températures ont varié de 22°C à 28°C. Il est apparu immédiatement que le bruit de fond des photomultiplicateurs variait dans des proportions importantes et qu'il était impossible d'avoir des mesures reproductibles d'un jour à l'autre. L'installation de refroidissement décrite ci-dessus nous a d'abord permis de déterminer la température de fonctionnement optimale, c'est-à-dire celle qui tout en apportant une réduction de bruit de fond notable pouvait être facilement stabilisée.

L'influence de la température sur le bruit de fond est représenté par la figure ci-dessous :

En abscisse (échelle de gauche) le bruit de fond en c/s est celui mesuré sur l'une des voies en sortie du sélecteur SATI.

Sur l'échelle de droite on peut lire le bruit de fond mesuré avec la coïncidence.



On en déduit que seuls les résultats obtenus avec coïncidence sont peu sensibles aux variations de bruit de fond des photomultiplicateurs.

Si la température du local est de 22°C, il faut environ 40 min pour que la température à l'intérieur du château de plomb soit abaissée jusqu'à 14°C. Ensuite, les 14°C peuvent être maintenus avec un débit d'azote très faible.

Pour les mesures suivantes concernant les essais de différents détecteurs avec ou sans coïncidence, la température sera stabilisée à 14°C.

2.1.5 - Essais des différentes cellules du commerce /5/

2.1.5.1 - Choix des cellules (figure 2)

Afin d'avoir une idée du type de détecteur à utiliser, il a paru intéressant de faire des essais avec les cellules existantes dans le commerce et disponibles rapidement, et de comparer les résultats obtenus à ceux publiés par OSBORNE [1], [2]. On peut classer ces cellules en deux catégories différentes :

a) cellules à scintillateur plastique de forme géométrique bien définie, feuilles ou tubes, le liquide pouvant circuler entre les feuilles ou à l'intérieur des tubes cylindriques

b) cellules où le scintillateur est sous forme de cristaux ou de poudre (anthracène ou bien scintillateur plastique sous forme de copeaux). Dans ce cas, le fluide à mesurer est directement mélangé au scintillateur et la surface de contact est très augmentée.

Dans tous les cas (a et b) scintillateur et volume utile sont entourés d'un boîtier jouant le rôle de conduit de lumière entre le scintillateur et les photomultiplicateurs.

Pour les cellules du premier type, nous n'avons pu disposer que d'un seul modèle (NUMELEC 808 A). Dans ce cas, le scintillateur est un tube cylindrique enroulé en spirale. La surface développée est de l'ordre de 1700 cm^2 , ce qui, en comparaison des cellules réalisées par OSBORNE [1][2] (surface : 3000 cm^2) laisse prévoir des résultats très décevants.

Pour les cellules du deuxième type, nous avons disposé de deux modèles différents, l'un de NUMELEC, rempli de cristaux de CaF_2 , et l'autre de PACKARD INSTRUMENTS rempli d'anthracène.

Les caractéristiques de ces cellules sont reportées dans le tableau suivant :

Type de cellule	Scintillateur	Volume utile pour le fluide
Numélec 801 A	NE 102 A	0,5 ml
Numélec 808 A	CaF_2	0,35 ml
Packard "flow-cell"	anthracène	2 ml

Pour chaque cellule nous avons mesuré :

- le bruit de fond,
- la réponse en nombre de coups par seconde pour des solutions d'eau tritiée de diverses activités spécifiques (1 CMA_p , 10 CMA_p , 300 CMA_p) afin d'en déduire la sensibilité et la limite de détection de chaque cellule.

Toutes les mesures ont été réalisées à la température de 14°C et les comptages faits simultanément sur chaque voie (sans coïncidence) et en coïncidence (sortie coïncidence 10 ns).

2.1.5.2 - Sensibilité et bruit de fond en statique

Etant donné que notre étude ne porte pas sur la mesure du rendement absolu d'un scintillateur mais sur la réponse d'une cellule en fonction de l'activité spécifique en tritium d'un effluent, la sensibilité de chaque cellule sera exprimée en impulsions par seconde pour une concentration de 1 curie par m³ (imp./s pour 1 Ci/m³).

Par ailleurs, nous définirons la limite de sensibilité de la cellule comme égale à l'activité spécifique qui permet de doubler le nombre de coups dûs au bruit de fond.

Cellule NE 801 A

Il s'agit de la cellule à scintillateur plastique NE 102 où le fluide circule à l'intérieur d'un tube cylindrique (\emptyset 0,3 mm). Le schéma général de la cellule est représenté sur la figure 2.

La réponse de la cellule pour des activités inférieures à 10 CMA_p n'est pas significative. Seule la mesure à 300 CMA_p a donné un nombre de coups permettant de déterminer la sensibilité.

	mesure directe	Mesure en coïncidence
Bruit de fond	35 imp./s	0,25 imp. / s
Sensibilité à 1 Ci/m ³	146 imp./s	7,3 imp./s
Limite de sensibilité	0,25 Ci/m ³ ou ~ 80 CMA _p	0,03 Ci/m ³ ou 10 CMA _p

Cellule NE 808 A

Cette cellule est constituée d'un tube cylindrique (\emptyset 3mm) creusé dans un conduit de lumière que l'on remplit de scintillateur CaF₂ sous forme de cristaux.

De même que pour la cellule 801 A, seule la mesure à 300 CMA_p est significative. On en déduit :

	Mesure directe	Mesure en coïncidence
Bruit de Fond	60 imp./s	0,7 imp./s
Sensibilité à 1Ci/m ³	135 imp./s	3 imp./s
Limite de sensibilité	0,45 Ci/m ³ ou 150 CMA _p	0,24 Ci/m ³ ou 80 CMA _p

Les performances sont moins bonnes que celles de la cellule 801A : bruit de fond plus élevé et sensibilité plus faible.

- "Flow-Cell" Packard 4 ml

Ce type de cellule est destiné à être utilisé dans les appareils à scintillation liquide. Sa forme générale est un cylindre de lucite de même dimensions que les flacons 20 ml destinés au "TRICARB". Ce cylindre est percé d'un tube en U pouvant être rempli d'anthracène. La circulation du fluide est possible par deux tubes capillaires solitaires de bouchons.

Nous avons donc pu mesurer les performances de cette cellule d'une part, avec l'électronique de l'appareil TRICARB, d'autre part, avec notre installation. Dans ce deuxième cas, il a fallu utiliser un adaptateur en lucite comme conduit de lumière entre la cellule cylindrique et les deux faces planes de photomultiplicateurs.

Dans ce type de cellule le volume libre (4 ml) doit être partagé entre l'anthracène et le fluide à mesurer. Nous avons donc, à chaque remplissage de la cellule, pesé successivement la quantité d'anthracène introduite, puis la quantité d'eau tritiée, afin d'avoir des résultats comparables.

La bonne sensibilité de cette cellule permet d'avoir une réponse linéaire en fonction de l'activité spécifique de 1 CMA_p à 300 CMA_p. Les résultats sont les suivants :

	Mesure directe	Mesure en coïncidence
Bruit de Fond	40 imp./s	0,3 imp./s
Sensibilité à 1Ci/m ³	225 imp./s	110 imp./s
Limite de sensibilité	0,18 Ci/m ³ ou ~ 20 CMA _p	2,7.10 ⁻³ Ci/m ³ ou ~ 1 CMA _p

2.1.5.3 - Comparaisons des différentes cellules

Si l'on compare les résultats obtenus avec les trois cellules, quelques remarques s'imposent :

- les mesures directes avec un seul photomultiplicateur ne sont pas satisfaisantes. Malgré une stabilisation en température nous avons pu constater une importante dérive des voies 1 et 2, empêchant d'avoir des résultats reproductibles. En effet, pour aucune des trois cellules, le taux de comptage, en mesure directe, n'est proportionnel à l'activité spécifique. Nous ne pouvons donc tenir compte de ces valeurs pour comparer les performances des différentes cellules.

- pour toutes les cellules, nous avons eu des difficultés de remplissage qui ont beaucoup limité le nombre des mesures (tube capillaire pour la cellule 801 A, mouillage des cristaux de CaF₂ ou de l'anthracène, élimination des bulles d'air). A ce point de vue, on peut penser qu'un système de circulation du fluide dans la cellule devra faciliter le travail.

- Cellule 808 A et scintillateur CaF_2

Les résultats ne sont pas concluants : le bruit de fond de cette cellule est plus élevé que les scintillateurs NE 102 ou anthracène, ce qui augmente sa limite de sensibilité. Par ailleurs, sa géométrie rend difficile le remplacement des cristaux en cas de contamination.

- Cellule 801 A et scintillateur NE 102 A

La cellule 801 A, proposée par NUMELEC est beaucoup trop petite, à la fois par la surface du scintillateur (8cm^2) et par son débit (7 ml/min) pour qu'elle puisse être retenue pour les essais en dynamique. Cependant, la limite de sensibilité obtenue (10 CMA_p) est encourageante et on peut espérer détecter 10 CMA_p en augmentant la surface de scintillateur.

On peut comparer notre résultat avec celui obtenu par OSBORNE [2] avec une surface de scintillateur NE 102 de 3000 cm^2 .

Détecteur	Surface NE 102 cm^2	B.d.F. imp./s	Sensibilité imp./s. pour 1 Ci/m^3
Numélec	8	0,25	7
Osborne	3000	0,70	400

Il est net qu'il n'y a pas de proportionnalité directe entre la sensibilité de la cellule et la surface du scintillateur et qu'il doit y avoir des pertes de comptages lorsque le volume de la cellule augmente trop.

Pour augmenter la surface du scintillateur au contact du fluide, deux solutions sont proposées dans la littérature :

- OSBORNE [1] [2] fait circuler le fluide entre 60 feuilles de NE 102 ($5\text{ cm} \times 5\text{ cm}$) parallèles les unes aux autres, utilisant ainsi les deux faces de la feuille.

- ZERBIB [3] utilise le scintillateur plastique sous forme de copeaux, mélangés directement avec le fluide. La surface du scintillateur disponible à l'intérieur d'un flacon de scintillation liquide de 20 ml peut atteindre 300 cm^2 .

- Cellule "Flow-cell" et scintillateur à l'anthracène

Les résultats obtenus sont suffisants pour justifier l'emploi de cette cellule dans une chaîne permettant de détecter la CMA_p tritium dans les effluents. Nous continuerons donc à mesurer les performances de cette cellule avec un fluide en circulation.

2.1.5.4 - Essai de la "Flow-cell" en circulation

Le circuit fonctionne avec une pompe de type péristaltique. L'étanchéité du circuit est vérifiée avec une solution non active.

Le débit est variable de 2 à 40 ml/min. Le bruit de fond est plus élevé que lors des mesures en statique de 20 % environ et reste stable lorsque le débit varie de 10 ml/min à 40 ml/min. Le refroidissement est abandonné car la température du laboratoire ne dépasse pas 21°C. Par contre, le bruit de fond est sensible à la température de l'eau.

Un aspect très important dans l'élaboration d'une chaîne de détection du tritium en dynamique, est la possibilité de rincer et de décontaminer rapidement et efficacement la cellule et le scintillateur solide utilisé. Or, c'est justement ce dernier point qui nous a finalement décidé à abandonner la cellule PACKARD.

En plus des fréquents problèmes dus aux raccords avec les tubes d'entrée et de sortie, il s'est avéré impossible d'effectuer un rinçage satisfaisant étant donné la forme en U de cette cellule.

Le scintillateur à l'anthracène pose donc de lourds problèmes d'utilisation (compactage, difficulté de rinçage...) et nous apparaît inutilisable pour des mesures en dynamique.

Ces essais nous ont donc permis d'imaginer un autre type de cellule qui permettrait une plus grande surface de contact entre la solution et le scintillateur et qui faciliterait la circulation et le rinçage fréquent de l'ensemble.

2.1.6 - Etude d'une nouvelle cellule

Les essais effectués sur les cellules du commerce ainsi que les résultats indiqués dans la littérature conduisent à envisager le principe du scintillateur plastique sous forme de particules contenues dans une cellule en plastique qui jouerait le rôle d'adaptateur entre le scintillateur et les photomultiplicateurs. /2/ /3/ /4/.

2.1.6.1 - Géométrie de la cellule /6/

Pour utiliser au mieux la surface des photomultiplicateurs on envisage un volume de cellule cylindrique dont la section serait égale au diamètre de photomultiplicateurs et dont l'épaisseur reste à déterminer.

Une série de quatre cellules en plexiglas est donc réalisée dans notre atelier, présentant des épaisseurs de 2 cm, 3 cm, 4 cm, 5 cm. Les essais sont effectués en statique en remplissant les cellules d'un scintillateur plastique taillé en fins copeaux et d'une eau tritiée d'activité spécifique identique. Les courbes de réponse (figure 3) en fonction de l'épaisseur de la cellule et de la surface du scintillateur permettent de conclure :

- qu'il existe une largeur optimale de cellule comprise entre 2 et 3 cm

- et que pour chaque cellule la sensibilité est optimisée pour une certaine quantité de scintillateur.

En conclusion, la cellule adoptée aura pour largeur : $e=25\text{mm}$, d'où un volume total de 60 ml.

2.1.6.2 - Scintillateur //

La détermination de la cellule a été effectuée avec un scintillateur plastique taillé en copeaux au laboratoire. Cette opération a fait apparaître la difficulté de maîtriser la dimension des copeaux alors que la sensibilité de la cellule peut en dépendre. Il paraît donc indispensable de s'orienter vers une fabrication industrielle du scintillateur.

C'est le scintillateur plastique de type NE 102 A, déjà utilisé par OSBORNE [2], et commercialisé dans plusieurs géométries (feuilles, billes, bâtonnets) par Nuclear Enterprises qui semble le mieux répondre à nos impératifs

L'option prise par OSBORNE (scintillateur plastique en feuilles) semble délicate à réaliser mécaniquement et conduirait à un coût élevé de cellule dans le cas où celle-ci serait à changer trop souvent. Cette idée est donc abandonnée au profit d'un scintillateur sous forme de particules. Les essais comparatifs peuvent être effectués en statique de façon très simple en remplissant des flacons de type scintillation liquide de 20 ml et en les mesurant avec un appareil TRICARB modèle 3324 de Packard.

On essaie successivement des billes sphériques, des bâtonnets et des copeaux.

Les billes sont fournies en quatre lots calibrés de \varnothing respectifs :

$$\varnothing = 0,3 \text{ à } 0,4 \text{ mm}$$

$$\varnothing = 0,5 \text{ à } 0,6 \text{ mm}$$

$$\varnothing = 0,6 \text{ à } 0,8 \text{ mm}$$

$$\varnothing = 1 \text{ mm}$$

Les bâtonnets ont une section circulaire $\varnothing = 1 \text{ mm}$ et de longueur - $l = 45 \text{ mm}$.

Les copeaux sont usinés au laboratoire aux dimensions de l'ordre de 0,1 mm dans toutes les directions.

Les rendements obtenus sont les suivants : (figure 4)

	Géométrie	Rendement
billes	$\varnothing = 0,3 \text{ à } 0,4 \text{ mm}$	$1,7 \cdot 10^{-2}$
	$\varnothing = 0,5 \text{ à } 0,6 \text{ mm}$	$2,5 \cdot 10^{-2}$
	$\varnothing = 0,6 \text{ à } 0,8 \text{ mm}$	$3,4 \cdot 10^{-2}$
	$\varnothing = 1 \text{ mm}$	$2,6 \cdot 10^{-2}$
bâtonnets	$\varnothing = 1 \text{ mm}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$
copeaux		$3 \cdot 10^{-5}$

Le choix se porte donc sur des billes calibrées de diamètres = 0,6 à 0,8 mm.

Il reste à déterminer le poids optimal du scintillateur dans la cellule précédemment définie. Pour cela, nous nous intéresserons à la sensibilité obtenue

La figure 5 montre que la sensibilité augmente avec le poids du scintillateur et tend à se stabiliser à partir de 30 g de scintillateur. Notons que le poids maximal du scintillateur que l'on peut introduire dans la cellule est de 40 g.

2.1.7 - Conclusion

Les essais préliminaires ont permis de répondre aux différentes questions soulevées :

a)- Il doit être possible d'obtenir la sensibilité recherchée sans refroidissement, mais avec 2 photomultiplicateurs montés en coïncidence.

b)- Il est préférable pour une mesure en continu d'utiliser un scintillateur plastique de géométrie bien définie et facilement reproductible.

c)- la meilleure sensibilité est obtenue avec un scintillateur plastique de type NE 102 A sous forme de billes sphériques de diamètre = 0,6 à 0,8 mm.

d)- Le scintillateur sera placé dans une cellule plastique dont la géométrie a été définie pour sa sensibilité optimale ; cylindre de section égale à la surface des photomultiplicateurs et d'épaisseur : 25 mm.

e)- La sensibilité ainsi obtenue devrait être au moins égale à celle obtenue par OSBORNE [1] [2]. A partir de ces données, une maquette est réalisée pour étudier la réponse du détecteur à un fluide en écoulement continu.

2.2 - Maquette

2.2.1 - Description

2.2.1.1 - Banc de mesure

Le banc de mesure de la maquette restera identique à celui utilisé pour les essais préliminaires. (figure 1)

Le système de refroidissement est abandonné grâce à une électronique performante.

L'enceinte de plomb est conservée à 5 cm d'épaisseur.

2.2.1.2 - Electronique et photomultiplicateur

C'est une électronique classique utilisée dans les spectromètres à scintillateur liquide. Elle est du type Packard 3002 avec cir-

cuits de coïncidence et de sommation, deux voies de mesures avec gain et seuils réglables. La présence d'une deuxième voie de mesure devra permettre d'effectuer simultanément la mesure de contaminants autres que le tritium.

Nous ajouterons en sortie un intégrateur pour un enregistrement graphique en continu.

Les photomultiplicateurs sont conservés, il s'agit de deux 56 DUVP/G3/A alimentés séparément par deux blocs THT.

2.2.1.3 - Cellule de détection

Basée sur les résultats précédents, la cellule finale présente la même surface aux photomultiplicateurs et a une largeur de 2,5 cm.

Pour faciliter l'écoulement et avoir une circulation homogène, un diffuseur crée une perte de charge à l'entrée et deux tuyaux latéraux assurent l'évacuation de la solution.

La figure 6 représente un schéma de la cellule réalisée.

2.2.2 - Essais en statique

Avant d'effectuer les essais en dynamique, le réglage des 2 voies de mesure peut être fait en statique.

Les deux voies de mesures sont utilisées afin de discriminer le tritium des autres contaminants par exemple des produits de fission (PF).

La voie à faible énergie sera la "voie tritium". La voie à forte énergie sera la "voie PF". Le réglage des seuils et du gain dans chaque voie a été effectué à partir d'échantillons de petite géométrie (flacons plastique 20 ml pour scintillation liquide) et d'un coupleur optique.

Quatre radioéléments ont été utilisés, ce sont :

- ^{106}Ru émetteur β^- 0,04 MeV à 100 %
- son fils le ^{106}Rh émetteur β^- 3,53 MeV à 72 %
- ^{137}Cs émetteur β^- 0,34 MeV à 93 % et 0,66 MeV à 7 %
- ^{144}Ce émetteur β^- 0,32 MeV à 72 % et 0,19 MeV à 20 %
- son fils le ^{144}Pr émetteur β^- 2,98 MeV à 98 %
- ^{90}Sr émetteur β^- 0,54 MeV à 100 %
- son fils le ^{90}Y émetteur β^- 2,27 MeV à 100 %

La concentration des échantillons est de 10^{-4} $\mu\text{Ci/ml}$.

Nous chercherons à régler la voie PF de manière à ce que le nombre d'impulsions comptées pour le tritium soit négligeable (< 2 %) et que le nombre d'impulsions dues à un autre émetteur β , d'énergie plus grande soit optimal.

Les valeurs adoptées sont :

G = 5 %

S = 400 - 1000

Les réglages de la voie tritium doivent permettre d'obtenir à la fois un rapport $^3\text{H}/\text{bdf}$ maximal ainsi qu'un rapport $\text{PF}/^3\text{H}$ minimal.

Les valeurs adoptées sont :

G = 90 %

S = 600.

2.2.3 - Essais en dynamique /8/

2.2.3.1 - Bruit de fond et rendement

Les réglages étant définis, les mesures de bruit de fond et les réponses en tritium et en PF sont faites avec la cellule à circulation.

Etant donné les grandes quantités de solutions actives nécessaires aux essais en dynamique, nous sommes limités à la mesure de 1 CMA_p de tritium et de $10^{-5}\text{Ci}/\text{m}^3$ de ^{144}Ce (1 CMA_p). Ce dernier radioélément a été choisi pour sa plus forte réponse dans la voie PF par rapport au ^{137}Cs et au ^{106}Ru .

Les résultats sont les suivants :

	Voie tritium imp/min	Voie PF imp/min
bruit de fond	8	18
réponse au tritium (1 CMA _p)	33	2
réponse au ^{144}Ce ($10^{-5}\text{Ci}/\text{m}^3$)	38	300

Remarquons que ces nouveaux réglages ont permis d'améliorer le rapport signal/bruit dans la fenêtre tritium.

Par ailleurs, dans le cas d'un mélange, il y aura toujours des impulsions dues au PF, dans la voie tritium.

On voit que dans la voie tritium on atteindra sensiblement le même taux de comptages :

- pour 1 CMA_p tritium.
- pour $10^{-5}\text{Ci}/\text{m}^3$ d'un PF tel que le ^{144}Ce , ce qui représente 100 fois la CMA d'un mélange quelconque $\alpha \beta \gamma$ dans l'eau de boisson.

Pour s'affranchir de cette contribution, il faut considérer que dans le cas d'un mélange PF (et ceci a été vérifié pour le ^{144}Ce et le ^{106}Ru) le rapport des nombres d'impulsions dans les deux voies de mesures peut être compris entre 5,5 (^{106}Ru) et 9 (^{144}Ce).

On peut donc actuellement estimer, à un facteur 2 près, le nombre d'impulsions dues aux PF dans la voie tritium. Il est évident que dans ce cas, une mesure du tritium en différé sera indispensable

pour vérifier s'il y a eu ou non simultanément des deux contaminations.

En régime normal, c'est-à-dire avec une concentration en PF inférieure ou égale à 10^{-6} Ci/m³, le bruit de fond pourra varier de 8 à 12 imp./min dans la voie tritium et de 18 à 48 imp./min dans la voie PF. On en déduit d'une part que l'appareil peut être un indicateur de contamination PF légère et d'autre part qu'à ce niveau, la limite de sensibilité du tritium ne sera pas fortement entachée d'erreur.

2.2.3.2. - Temps de réponse et temps de décontamination

Un facteur important dans l'étude du détecteur est son temps de réponse ; c'est-à-dire le temps au bout duquel le signal maximal est atteint.

Si N_m est le taux de comptage maximal obtenu et N_t le taux de comptage à l'instant t , on définira comme :

temps de réponse : temps t auquel correspond un taux de comptage $N_t = 0,99 N_m$

temps de décontamination : temps t auquel correspond un taux de comptage $N_t = 0,01 N_m$.

L'origine du temps est l'instant où l'on injecte soit l'eau contaminée dans l'ensemble de mesure (cas de la montée en activité dans la cellule), soit l'eau "propre" (cas de la décontamination de la cellule).

Le temps obtenu dépend :

- du débit d'écoulement,
- du volume de liquide entre le point d'injection en amont, et la cellule,
- de la constante de temps de l'intégrateur,
- de la conception de la cellule elle-même,
- de l'activité spécifique de l'effluent.

Les mesures ont été faites pour trois niveaux d'activité différents 1, 10 et 100 CMA_p et avec un débit de 14 l/h.

Les temps de réponse mesurés sont reportés dans le tableau ci-après :

Activité tritium CMA _p	Temps en minutes	
	Montée en activité	Décontamination
1	1	4
10	3	20
100	4	60

2.2.3.3. - Influence des réflecteurs

En scintillation liquide, les appareils de mesure font appel généralement à des réflecteurs pour améliorer les rendements. Deux techniques sont utilisées :

- les réflecteurs polis faits avec un dépôt d'aluminium,
- les réflecteurs peints en bi-oxyde de titane utilisent des méthodes de diffusion.

Pour la cellule de grand volume et comme réflecteur métallique, nous avons utilisé des feuilles d'aluminium couplées avec de la graisse silicone. En ce qui concerne l'oxyde de titane, il a été appliqué au pinceau.

L'amélioration pour la détection est faible pour une fenêtre totale, et pratiquement nulle pour une fenêtre réduite.

2.2.3.4 - Influence d'un couplage optique

Pour permettre un montage et démontage plus rapide de la cellule, deux plaques de plexiglas d'épaisseur 1,5 mm ont été placées entre la cellule et chaque photomultiplicateur, le couplage optique se faisant alors sur ces plaques et non plus directement sur les faces de la cellule.

Il y a une légère diminution du signal puisque la réponse à 1 C^{14}_p est de 3,2 fois le bruit de fond au lieu de 4 sans plaque.

2.2.3.5 - Effet de la température de l'effluent à mesurer

La température ambiante est de l'ordre de 22°C. On injecte dans la cellule de l'eau chaude et on mesure le bruit de fond dans la voie tritium. Entre 20°C et 34°C, la variation du bruit de fond (5df) est peu sensible puisque l'on obtient à 34°C 1.2 fois le bdf à 20°C. Au-delà, celui-ci croît très rapidement pour être multiplié par 6 vers 50°C.

2.2.3.6 - Effet du rayonnement ambiant sur le bruit de fond

Une source de ^{60}Co est placée dans l'axe vertical du détecteur de tritium. La mesure du débit d'exposition se fait avec un radiamètre du type SPP2.

Il faut signaler que dans ce montage expérimental la protection côté broches des photomultiplicateurs est insuffisante. Dans ces conditions l'influence du rayonnement est forte puisque le bruit de fond est de 130 imp. mn^{-1} pour $0,5 \text{ mR. h}^{-1}$ d'où la nécessité pour le prototype de prévoir une protection plus efficace.

2.3 - Conclusion pour les caractéristiques techniques d'un prototype

L'ensemble des essais nous permet de s'orienter vers un prototype dont les grandes lignes sont les suivantes :

- scintillateur sous forme de billes de NE 102,
- cellule à circulation cylindrique ($e = 25 \text{ mm}$, $V = 60 \text{ ml}$),
- photomultiplicateurs "appairés" à bas bruit de fond,
- électronique à deux voies de type "scintillation liquide" avec une sortie calculateur et une sortie traceur,
- pas de refroidissement,
- enceinte de plomb de 5 cm d'épaisseur,
- circuit hydraulique avec filtration et possibilité de rinçage.

Les performances physiques à escompter sont :

- bruit de fond inférieur ou égal à 10 c/min,
- signal pour 1 CMA_p tritium égal à 3 fois le bruit de fond,
- rapport des taux de comptages entre la voie "tritium" et la voie "PF" :
 - . égal à 10 pour le tritium,
 - . égal à 0,1 pour un mélange de produits de fission.
- temps de réponse pour 1 CMA_p tritium inférieur à 5 minutes.

3 - REALISATION DU PROTOTYPE "TRIDYN"

3.1 - Spécifications

3.1.1 - Caractéristiques techniques

Scintillateur : ce sera un scintillateur plastique de type NE 102 A sous forme de billes . Le rendement optimal est obtenu avec des billes de diamètres 0,6 à 0,8 mm.

Cellule : sa géométrie parallélépipédique (dimensions : 31 x 65 x 70 mm) découle de l'étude faite au SPR/GRENOBLE.

Les impératifs techniques à respecter sont les suivants :

- . la circulation de l'effluent dans la cellule se fait de bas en haut pour éviter une accumulation de gaz au point haut.
- . la cellule est solidaire de deux tuyaux souples dont l'extrémité à l'extérieur de l'enceinte de plomb est munie d'un raccord rapide étanche pour une surpression de 5 bars.
- . le couplage de la cellule avec la face d'entrée des photomultiplicateurs doit faire l'objet d'une étude particulière. Le problème peut être résolu comme dans l'étude SPR, en utilisant des photomultiplicateurs à face plane, accolés à un coupleur composé de deux

feuilles de plexiglas, la cellule pouvant coulisser entre les deux feuilles.

. Les faces d'entrée des photomultiplicateurs doivent être protégées de la lumière pendant le démontage de la cellule. Un système d'obturation dépendant de la cellule doit être étudié car les photomultiplicateurs doivent retrouver leur bruit de fond normal moyen, à 20 % près, en 15 minutes au plus.

Photomultiplicateurs

Les photomultiplicateurs devront permettre à l'ensemble de détection d'assurer les caractéristiques de bas bruit de fond et de haut rendement qui sont définis plus loin.

Le système de fixation des photomultiplicateurs devra permettre de les aligner parfaitement en les accolant aux deux faces du coupleur en plexiglas défini ci-dessus, ainsi que de les démonter.

Protection en plomb

Ses caractéristiques sont les suivantes :

- . dimensions intérieures : longueur totale de l'ensemble photomultiplicateur + cellule
- . épaisseur plomb : doit permettre de respecter les niveaux de bruit de fond dans une ambiance de 100 μ rad/heure (à l'énergie de référence du cobalt 60),
- . ouverture : une porte doit permettre un accès facile à la cellule pour son démontage,
- . passage des câbles et des tuyaux : étanches à la lumière et au rayonnement,
- . sécurités : prévoir une coupure de l'alimentation HT sur ouverture de la porte.

Bloc de contrôle de la circulation de l'effluent

Les différentes parties du bloc de contrôle sont :

- . 2 filtres bougie, diamètre des pores : 200 μ m et 5 μ m.
- Ils seront démontables et munis d'un dispositif de mise à l'air.
- . 3 vannes :
 - . une à passage total à l'entrée du bloc de contrôle
 - . une en aval des filtres
 - . un robinet trois voies à la sortie pour branchement sur une eau de rinçage dont la surpression ne doit pas dépasser 5 bars.
 - . 2 branchements en T avec raccord fileté obturé de part et d'autre des deux premiers robinets pour vidange éventuelle ou mise en service d'une deuxième unité de filtrage.
 - . une sécurité de pression avec alarme évitant une surpression dans la cellule au-delà de 1 bar.

- . un détendeur d'eau sur circuit de rinçage réglé à 1 bar,
- . un débitmètre à alarme : il faudra prévoir en outre, en aval de la cellule, et pouvant être fixé sur l'enceinte de protection, un débitmètre à alarme de 0 à 1 l/min (seuil d'alarme ajustable sur toute la gamme)
- . les tuyaux des raccordements entre le bloc de contrôle et l'enceinte de détection sont à fournir.

Electronique

Les essais ont été faits avec le tiroir électronique du spectromètre Packard type 3002. Il comporte :

- . une haute tension,
- . un circuit de coïncidence et de sommation
- . 2 voies de mesure : sur chaque voie, un amplificateur avec réglage du gain et des seuils. Les impulsions de sortie devront respecter les normes suivantes :

- amplitude comprise entre 20 volts et 25 volts
- précision ± 1 volt
- polarité positive
- largeur : $2\mu s \pm 0,5\mu s$

pour une charge extérieure de 50 ohms

- . 2 intégrateurs dont l'amplitude de sortie permettra le raccordement à un enregistreur graphique standard, 0-50 mV, à 2 voies.

Sortie des informations :

Elle se situe à deux niveaux :

- . une sortie numérique respectant les normes T.C.R. (Tableau de Contrôle des Rayonnements)
- . une sortie analogique qui doit permettre d'enregistrer les deux voies en continu et d'actionner un signal d'alarme.

3.1.2 - Spécifications d'utilisation

3.1.2.1 - Caractéristiques du milieu ambiant

Température : l'appareil est utilisable dans un local de 5 à 20°C. Au-delà de 20°C, il faudra prévoir en option un refroidissement des photomultiplicateurs.

Rayonnement : l'appareil doit permettre de travailler sans augmentation du bruit de fond dans une ambiance de 100 μ rad/h (à l'énergie de référence du cobalt 60).

3.1.2.2 - Caractéristiques du fluide

Charge : matières en solution : 0,5 à 2 g/l
matières en suspension : 2 g/l

pH : Il peut varier entre pH 5,5 et pH 8

Température : Le fluide à mesurer peut avoir une température comprise entre 5 et 25°C. Le refroidissement de l'eau de mesure est laissé à l'initiative de l'utilisateur.

Pression et débit :

- le débit dans la cellule reste compris entre 20 ml/min et 1 l/min
- la pression maximale est de 1 bar.

Activité

L'activité globale de l'eau pour les contaminants autres que le tritium sera inférieure ou égale à 10^{-5} Ci/m³.

3.1.3 - Caractéristiques physiques

Les caractéristiques physiques portent essentiellement sur les performances du bruit de fond, de la sensibilité au tritium et de la discrimination du tritium en présence d'autres contaminants, sur l'autonomie du détecteur en eau sale, et sa décontamination par rinçage.

3.1.3.1 - Bruit de fond et sensibilité au tritium

Les chiffres qui vont être donnés proviennent des mesures faites dans un rayonnement ambiant inférieur à 100 µrad/heure, à une température moyenne de 21°C et pour un débit moyen de 300 ml/minute.

Voie "tritium" : - bruit de fond : $B_T < 10$ imp./min
 - sensibilité au tritium $(S_T)_{3H} > 10$ imp./min pour 10^{-3} Ci/m³

Voie "globale" : - bruit de fond : $B_G < 20$ imp./min
 - sensibilité au tritium : $(S_G)_{3H} > 10$ imp./min pour 10^{-2} Ci/m³

D'où un rapport de comptage entre les deux voies pour le tritium :

$$\left| \frac{S_T}{S_G} \right|_{3H} \geq 10$$

3.1.3.2 - Sensibilité aux autres contaminants

Au cours des essais, le cas défavorable a été celui du ¹⁴⁴Ce. Dans la suite, il sera sans doute nécessaire de définir un mélange standard de contaminants (par exemple ¹³⁷Cs - ¹⁴⁴Ce) pour la vérification des voies de mesure.

Voie "tritium" : sensibilité inférieure à 100 imp./min pour 10^{-5} Ci/m³

Voie "Globale" : sensibilité supérieure à 800 imp./min pour 10^{-5} Ci/m³

D'où un rapport maximal de comptage entre les deux voies :

$$\left(\frac{S_T}{S_G} \right)_{144Ce} < 0,1$$

Ce rapport devra être inférieur à 0,1 si le ¹⁴⁴Ce est en présence d'autres radioéléments (cas d'un mélange standard).

3.1.3.3. - Influence du rayonnement ambiant sur le bruit de fond

L'augmentation du bruit de fond dans les deux voies est à déterminer pour un rayonnement pouvant aller de 100 μ rad/h à 2,5 mrad/h. Ces caractéristiques seront vérifiées par des essais faits dans un laboratoire du CEA, auquel le constructeur sera associé.

3.1.3.4 - Autonomie du détecteur

Dans les conditions d'utilisation le moniteur devra fonctionner sans intervention pendant au moins une semaine.

3.2 - Modifications

Sur les spécifications précédentes, deux prototypes TRIDYN ont été réalisés par le Groupe d'Ingénierie et des Ensembles d'Electricité du Service Technique du CEN.Cadarache, l'un pour le SPR/Grenoble et l'autre pour EL3 à SACLAY destiné ultérieurement à contrôler le secondaire du réacteur ORPHEE.

Par rapport au Cahier de Spécifications présenté ci-dessus, deux modifications principales ont été apportées par le GIEE :

a) pour faciliter le démontage de la cellule, opération délicate sur la maquette de Grenoble, le GIEE a proposé d'utiliser une cellule fixe solide des tuyaux d'entrée et de sortie du fluide, jouant le rôle de conduit de lumière avec les faces d'entrée des photomultiplicateurs et pouvant supporter la pression du fluide demandée, et un panier mobile à parois minces, positionné à l'intérieur de la cellule et en équilibre de pression dans le fluide à mesurer.

b) au niveau de l'électronique, le tiroir PACKARD 3002 a été abandonné. Pour pouvoir assurer la continuité de la fabrication la STEC/SEIn (Section d'Electronique et d'Instrumentation de Cadarache a réalisé une électronique équivalente sous la forme du tiroir "SCT". Une simplification est apportée par rapport au tiroir PACKARD puisque une seule voie de mesure est conservée, avec gain et seuils réglables, pour la voie tritium. La voie globale est constituée par toutes les impulsions, saturées ou non, d'amplitude supérieure au seuil supérieur de voie tritium. Cette méthode est acceptable, puisque nous fonctionnons en comptage et non pas en spectrométrie, mais peu souple puisqu'on ne dispose pas de gain et de seuils ajustables pour la voie globale.

3.3 - Description

3.3.1 - Mécanique

L'ensemble de l'appareillage est implanté dans une baie standard 19 pouces 36 U (photo n° 1). Cotes d'encombrement (fig.7)

Circuit hydraulique (figures 8 et 8 bis)

On trouve successivement sur le circuit de l'effluent à analyser :

- . une vanne d'isolement V4
- . une pompe P1 de type "micropump"
- . un filtre en inox fritté F2 de porosité 5 μ m
- . la cellule proprement dite C1

. le débitmètre D1 avec sa vanne de réglage V5 et son seuil d'alarme.

Sur tout ce parcours la tuyauterie est ascendante afin d'éviter la présence de bulles d'air.

L'effluent est enfin rejeté dans unecanalisation de diamètre important avec écoulement à surface libre. Un siphon est prévu avec la sortie de l'appareil.

De façon annexe :

. un circuit d'alimentation en eau propre sous pression pour rinçage en circulation inverse, avec vanne d'isolement V3.

. un circuit de vidange avec la vanne V7

. une soupape de décharge en cas de surpression S1.

Cellule de mesure (figure n° 9)

Elle est constituée par :

. une chambre parallélépipédique en acier inoxydable ou en PVC, raccordée au circuit par des éléments de tuyauteries soudées munis de raccords,

. deux hublots en verre de silice font face aux cathodes des deux photomultiplicateurs,

. un bouchon assurant la fermeture de la chambre par pression sur un joint plat. La face intérieure du bouchon porte un panier amovible poreux en inox fritté (porosité 75 µm) muni de deux disques en plexiglas (épaisseur 0,8 mm) contenant les billes scintillatrices,

. un obturateur coulissant évite la mise à la lumière des photomultiplicateurs et des hublots, lors de la manipulation des paniers.

. une coupure automatique de la haute tension lorsqu'on retire le bouchon.

Protection contre les rayonnements ambiants

La cellule et les photomultiplicateurs sont entourés d'une épaisseur de plomb (qualité nucléaire) de 50 mm. Un puits au niveau de la cellule permet éventuellement d'introduire une source test.

3.3.2 - Ensemble de détection

Scintillateur

Le type adopté est un scintillateur plastique sous forme de billes demandé dans le Cahier de Spécifications

. densité : 1,032

. indice de réfraction : 1,581

. point de ramollissement : 75°C

. longueur d'onde du maximum d'émission : 423 nm

Le panier amovible contient environ 40 grammes de scintillateur.

Photomultiplicateurs

De leurs caractéristiques dépendent les performances finales de l'appareil. Le choix s'est porté sur des PM à fenêtres de quartz, à bas bruit de fond:

- . câblage du culot : cf. fiche technique
- . écran magnétique : en μ métal épaisseur 0,1 mm
- . écran : en cadmium épaisseur 0,5 mm
- . écran : en cuivre épaisseur 1,5 mm

On a superposé fig. n° 10, le spectre d'émission du scintillateur et les différentes bandes passantes des hublots et des PM.

Blocs THT

Placés près de chaque culot de PM, à l'extérieur de la protection de Plomb, des boîtiers contiennent les alimentations TH⁺ avec leur réglage. (voir tiroir SCT).

3.3.3 - Electronique

Les différents modules de traitement représentés sur la figure n° 11 sont regroupés dans un tiroir standard 19 pouces de 5 unités de haut, divisé en 25 vingt cinquièmes. A l'arrière de ce châssis sont placées les alimentations basse tension + 15 V et -15 V, ainsi que les embases des prises de sortie.

Tiroir SCT : (2/25) /13/

Assure l'amplification, la discrimination, la sommation et la coïncidence des impulsions issues des photomultiplicateurs.

En face avant, un commutateur à deux touches facilite les tests et les réglages, en orientant éventuellement sur la sortie T, les impulsions de PM1 et PM2.

Tiroir SIC : (2/25) /11/

- Assure la mise en forme et l'isolement galvanique des impulsions fournies par le SCT.

- Permet d'attaquer soit des modules de traitement local (type SCR), soit des organes centralisés (TCR informatisé)

Tiroir SCR : (1/25) /15/

- Assure le traitement numérique des impulsions du canal tritium par comptage sur un temps fiable et filtrage des résultats.

Il comprend en outre :

- . 1 seuil différentiel sur l'évolution des comptages
 - . 3 seuils sur la valeur du comptage
- et une sortie analogique linéaire.

Le seuil inférieur est ajustable et les 2 seuils supérieurs lui correspondent avec un facteur 10 et 100.

Tiroir SAI : (1/25) /10/

Assure la gestion des alarmes issues du tiroir SCR : mémorisation, clignotement, acquittement et inhibition

Tiroir SIS : (2/25) /12/

Il s'agit essentiellement d'un icromètre logarithmique analogique précédé d'un commutateur de sélection. Un galvanomètre en face avant, gradué en coups/sec. de 0,1 à 10^5 permet d'apprécier le taux de comptage de la sortie choisie. Une sortie enregistreur (0,1 V) est en outre disponible.

En fonctionnement normal, on oriente sur ce tiroir la voie dite "globale", dont le taux de comptage plus élevé correspond mieux au fonctionnement de l'icromètre analogique.

Tiroir SCA : (1/25)

- . servitude du châssis, interrupteur secteur,
- . voyants alimentation + 12 V + 24 V + 15 V
- . commande d'inhibition des seuils (SCR)
- . commande d'acquiescement des alarmes.

3.3.4 - Circuit électrique

Se réduit à l'alimentation en 220 V de la pompe P1, et sa protection par disjoncteur MERLIN GERIN type F 32.

Le débitmètre D1 est muni d'une alarme sur débit minimal. Ce signal sera utilisé par l'exploitant à sa convenance.

4 - ESSAIS DES PROTOTYPES TRIDYN4.1 - Introduction

Les essais des deux prototypes ont été effectués en parallèle à SACLAY par la Section d'Exploitation du Réacteur EL3, et à GRENOBLE par le S.P.R..

Après avoir vérifié en laboratoire les réglages de l'électronique et l'étanchéité du circuit hydraulique, les essais physiques se sont poursuivis en fonctionnement réel sur égoût où nous avons pu vérifier :

- . le fonctionnement longue durée en eau non contaminée (variation du bruit de fond et de la sensibilité)
- . la réponse à 1 CMA_p tritium (temps de réponse, rapport S_T/B_T temps de décontamination)
- . la réponse aux autres contaminants (rapport S_G/S_T pour un mélange de produits de fission).

4.2 - Essais en laboratoire

4.2.1. - Étanchéité

La vérification de l'étanchéité est effectuée sur le réseau d'eau de ville et sans photomultiplicateur. Dès le premier transport de l'appareil une fuite est apparue au niveau des joints des hublots. Ceux-ci devront être vérifiés à chaque déplacement de l'appareil.

L'absence d'étanchéité à ce niveau peut entraîner une dégradation des photomultiplicateurs.

4.2.2 - Régulages de l'électronique

Ils sont normalement effectués par le STEC/SEIn avant livraison de l'appareil. Ils consistent d'une part, à régler la haute tension des photomultiplicateurs, le gain de l'amplificateur ainsi que la valeur des seuils sur le tiroir SCT pour avoir le meilleur rapport S_T/B_T en tritium et le meilleur rapport S_G/S_T en produits de fission, d'autre part, à ajuster sur le tiroir SCR les seuils d'alarme pour dépassement de seuil.

En fait les réglages peuvent être retouchés en laboratoire, en particulier le tiroir SCI dans le cas d'un changement des photomultiplicateurs. Le cas s'étant présenté, il est apparu que l'accès aux potentiomètres de réglage de gain est difficile et qu'une amélioration pourra être apportée.

La vérification de l'électronique est effectuée avec deux cellules étanches : une cellule "bruit de fond" remplie d'eau non active et une cellule "tritium" remplie d'une solution à 1 CMA_p tritium.

Les résultats alors obtenus sont les suivants :

	Voie "tritium" imp./min	Voie "globale" imp./min
Bruit de fond :	12	33
1 CMA _p tritium (bruit déduit)	20	< 2

Soit un rapport $\frac{S}{B} = 1,7$, inférieur à celui demandé.

A ce niveau, il faut noter qu'ayant au cours des essais changé trois fois de photomultiplicateurs, nous avons obtenu des résultats très différents d'une paire à l'autre et en particulier un rapport S/B dans la voie tritium allant de 1,7 à 4. On en conclut qu'une sélection plus sévère devra être faite au niveau des photomultiplicateurs.

La réponse aux autres contaminants est mesurée pour un mélange de produits de fission présentant une activité globale de 10⁻⁵ Ci/m³ ; on obtient comme rapport des taux de comptage dans les deux voies de mesure

$$\frac{S_G}{S_T} = 8$$

4.2.3 - Temps de réponse de la cellule

Le rapport signal/bruit en tritium étant vérifié en statique, il est important de vérifier en eau propre le temps de réponse de la cellule afin de détecter un défaut de conception.

Pour une solution tritium à 1 CMA_p, on obtient :

- . temps de réponse : 4 minutes
- . temps de décontamination : 20 minutes.

On remarque une augmentation du temps de réponse par rapport à la cellule "Piquemal" qui est certainement dû à la conception de la cellule. En outre, les résultats obtenus à EL3/SACLAY sont sensiblement différents et moins bons. L'explication est donnée par la différence entre les cotes de la cellule et du panier dans les deux prototypes. Si un espace trop large existe entre les deux faces cellule-panier, un écoulement préférentiel extérieur au panier apparaît et ralentit la réponse.

4.3 - Fonctionnement sur égout avec filtration

L'étude en laboratoire sur maquette ayant eu principalement pour objet la réponse à une contamination tritium ou PF, puis la décontamination par eau propre, le prototype TRIDYN nous permet maintenant de travailler en grandeur réelle et d'effectuer des essais de longue durée sur un circuit d'eau d'égout.

4.3.1 - Description de l'installation

L'appareil fonctionne en continu dans la station de contrôle de l'égout "eaux spéciales" du CENG situé à la sortie du centre.

Nature de l'eau

La canalisation est alimentée à 90 % du temps par l'eau du secondaire du réacteur Mélusine (et en cas d'arrêt du réacteur par de l'eau industrielle de même origine). Les caractéristiques de cette eau sont les suivantes :

pH : 7

Charge sels : 400 mg/l

Charge sulfate : 55 mg /l.

Point de prélèvement

A partir de l'égout, une pompe de relevage alimente un bac de décantation dans lequel sont effectués les différents contrôles d'activité. Le volume du bac de 0,5 m³ et le niveau supérieur de l'eau est à 1 m du sol.

Circuit hydraulique

Le circuit de l'effluent à mesurer est représenté par le schéma de principe de la figure 12. Il comprend en série :

- . une prise sur le bac,

- . une pompe (incorporée au châssis du TRIDYN)
- . une unité de traitement de l'effluent
- . le TRIDYN proprement dit avec vanne, filtre, cellule, débitmètre)
- . la canalisation de rejet vers l'égout.

Sortie des informations

Les signaux fournis en sortie de TRIDYN sont exploités comme suit :

- . 2 sorties "enregistreurs" sont connectées à un enregistreur 2 voies "SEFRAM"
 - La voie globale par l'intermédiaire de l'ictomètre logarithmique SIS (le signal enregistré est le même que celui délivré par le galvanomètre incorporé à la face avant de l'appareil).
 - La voie tritium par l'intermédiaire du SCR.
- . 2 sorties "Echelles de comptages" associées au tiroir SIC ne sont pas exploitées
- . 3 alarmes "dépassement de seuil" visualisées par voyants lumineux et raccordés en série
- . 1 alarme "défaut de débit" visualisée par le débitmètre.

4.3.2 - Essai de Tencue d'urée

Dès les premiers essais, il apparaît une montée régulière du bruit de fond, en particulier dans la voie globale où le taux de comptage double en quelques heures en l'absence de toute contamination.

Une analyse du scintillateur au spectromètre à scintillation liquide fait apparaître un spectre en énergie présentant un pic bien défini à forte énergie, qui pourrait être dû à une accumulation de radon. En effet, après quelques jours de repos ce pic disparaît.

Il serait bien sûr possible de s'affranchir de ce pic parasite en effectuant le comptage de la voie globale dans une fenêtre d'énergie inférieure au pic α du radon. Mais une augmentation totale du bruit de fond apparaît néanmoins dans les deux voies de mesure après fonctionnement sur une eau débarrassée de radon. On assiste donc à une détérioration du scintillateur qui nécessite une étude plus approfondie.

Devant cet état de fait, deux actions ont été menées :

- . d'une part, étudier un procédé de régénération du scintillateur pollué par les essais,
- . d'autre part, développer un système de traitement de l'effluent destiné à supprimer la montée du bruit de fond dans la cellule.

4.3.3 - Régénération des billes polluées

L'étude du scintillateur précédemment pollué a été menée par analyse au spectromètre à scintillation liquide-en prélevant 20 ml de billes scintillantes des paniers.

Ces mesures permettent de suivre la variation du bruit de fond et celle de l'affaiblissement lumineux (ou quenching) par mesure directe du flacon, puis la variation de la sensibilité au tritium par injection d'une solution étalon d'eau tritiée. Les mêmes mesures faites sur des billes neuves donnent les résultats suivants :

	bruit de fond imp./min	Quenching	Sensibilité au tritium (relatif)
Cellules neuves	22	0,26	100
Billes polluées	36	0,31	61

Il est clair que l'augmentation du bruit de fond remarquée sur le TRIDYN s'accompagne d'une augmentation du quenching et d'une perte de sensibilité au tritium. Il est donc indispensable de savoir régénérer les billes.

Plusieurs méthodes ont été essayées, tant à GRENOBLE qu'à SACLAY :

- . par détergent de type RBS 25 ou RBS 26
- . par ultrasons + eau distillée
- . par acide chlorhydrique et solution de méthanol (procédé Nuclear Enterprises).

Aucun procédé n'a permis de restituer totalement au scintillateur ses caractéristiques originales. Cependant, on a remarqué d'une part, que la méthode préconisée par Nuclear Enterprises (solution acide chlorhydrique) a donné les meilleurs résultats et d'autre part que plus les billes sont polluées, plus il est difficile de les récupérer. Ainsi, une perte de sensibilité de 30 % sera récupérée à 10 % et pas mieux, malgré des nettoyages répétés, mais une perte de sensibilité de 10 % pourra être récupérée à mieux de 5 %.

4.3.4. - Conclusion

Les résultats précédents montrent qu'il est de la plus grande importance de traiter l'effluent avant passage sur le scintillateur afin de ralentir la perte des caractéristiques fondamentales de celui-ci (bruit de fond, sensibilité du tritium).

Il est évident, à priori, qu'un nouvel inconvénient va apparaître: quel que soit le type de traitement envisagé celui-ci introduira un retard dans le temps de réponse au moins égal au rapport volume du bloc d'épuration/débit.

Compte tenu des limites de la méthode maintenant connues, l'étude du bloc d'épuration devra permettre de tenir les objectifs suivants :

- . conserver la même cellule en fonctionnement pendant une semaine sans intervention manuelle sur le système d'épuration
- . obtenir un temps de réponse à une contamination tritium de 1 CMA_p inférieur ou égal à la demi-heure
- . pouvoir régénérer le scintillateur pour l'utiliser au total pendant six mois, ce qui correspond à un renouvellement de deux paniers par an.

4.4 - Résultats obtenus avec bloc d'épuration

4.4.1 - Introduction

Plusieurs méthodes ont été envisagées et essayées indépendamment à EL3/SACLAY et au SPR/GRENOBLE.

A SACLAY, on a utilisé un filtre charbon actif et un filtre ultra fin tout en conservant le débit prévu autour de 20 l/h.

A GRENOBLE, on a accepté à priori de réduire le débit pour fonctionner avec un distillateur en continu. Enfin, à la demande du GT4 un système plus "industriel" d'épuration par résines échangeuses d'ions a été essayé.

Les résultats obtenus avec chaque système doivent être maintenant comparés afin d'orienter le développement des prochains appareils.

4.4.2 - Distillation en continu (figure 12)

Description

L'appareil utilisé est un modèle du commerce de type "SUPER 4" de chez Bioblock. Il est en pyrex et peut fonctionner en continu avec un débit de 4 l/heure.

En fait, le débit mesuré est de 3 l/heure et quelques modifications ont dû être apportées sur l'appareil. D'abord une modification de la verrerie pour éviter des rejets dans la voie vapeur, puis un supplément de sécurité pour fonctionner sans contrôle pendant une semaine.

La quantité d'effluent écoulé pendant 1 semaine est donc de $0,5m^3$. Mais cette valeur pourrait être doublée en utilisant le modèle SUPER 8 de débit double.

En sortie du distillateur, on ajoute un bac de rétention et la pompe P1 du TRIDYN, ce qui permet de réguler le fonctionnement.

Tenue du scintillateur

Après passage de $1 m^3$ (soit 2 semaines de fonctionnement à 3 l/h ou 1 semaine à 6 l/h) on observe :

. un bruit de fond et un "quenching" stables, mais une perte de sensibilité de 20 %.

Après passage de $2 m^3$ les résultats sont les mêmes.

Temps de réponse

A 1 CMA_p pour un débit de 3 l/h : 60 minutes.

Sensibilité aux autres contaminants

Les essais ont été faits avec du ^{144}Ce et du ^{125}I . Aucun signal n'a été enregistré dans les deux voies du TRIDYN.

Remarques

Le temps de réponse est très élevé mais pourra être amélioré avec un débit de 6 l/h.

La tenue du scintillateur est bonne, car après 2 semaines de fonctionnement un nettoyage simple du scintillateur permet de l'utiliser à nouveau et de renouveler plusieurs fois le processus.

4.4.3 - Epuration par résines (figure 12)Description

Le prétraitement par filtration (filtre plissé 30 μ + filtre bougie 5 μ) est conservé.

Les colonnes de résines sont prévues pour traiter 1 m³ d'effluent, soit un fonctionnement de 1 semaine avec un débit de 6 l/h.

Le système comprend un premier corps cationique de 6 l, un deuxième corps anionique identique et un troisième corps cationique piège final.

Nous avons rajouté en sortie des 3 colonnes un filtre charbon actif de porosité 5 μ qui paraît avoir une influence sur le résultat final.

L'entretien des résines s'effectue sur place par régénération. L'emploi de deux jeux de colonnes permet de ne jamais immobiliser le système.

Tenue du scintillateur

Après un fonctionnement de 9 jours à 6 l/h, soit au total 1,3m³, on observe en dynamique une légère montée du bruit de fond dans les 2 voies :

- voie tritium de 18 à 35 coups/min
- voie globale de 50 à 200 coups/min

Cependant le scintillateur ne présente aucune perte de sensibilité au tritium. En fait, l'augmentation du bruit de fond qui n'apparaît qu'au 7ème jour semble due à une saturation du filtre charbon.

Temps de réponse

Pour 1,5 CMA_p et un débit de 6 l/h : 120 minutes.

Sensibilité aux autres contaminants

Un mélange de produits de fission à 8.10⁻⁵ μ Ci/ml n'a produit aucun signal sur les 2 voies de mesure.

Remarques

Le temps de réponse paraît ici inacceptable. Par contre, le scintillateur récupère facilement son bruit de fond initial après repos de quelques heures et a été utilisé pendant de nombreuses semaines sans perte de caractéristiques.

4.4.4. - Filtration fine et charbon actif

La préfiltration déjà décrite est conservée. L'épuration se fait en utilisant en série :

- . un filtre charbon actif de porosité $5\mu\text{m}$
- . un filtre à membrane de porosité $0,2\mu\text{m}$

Le débit au cours des essais a été maintenu autour de 30 l/h, soit 5 m^3 par semaine.

Les essais [16] ont consisté à faire varier la porosité des filtres, à fonctionner avec ou sans filtre charbon et à modifier le débit de circulation du fluide.

On arrive à la conclusion que le montage indiqué ci-dessus est le meilleur. La durée de tenue des filtres a été de 15 m^3 pour le filtre charbon et de 5 m^3 pour le filtre à membrane.

Le filtre charbon qui élimine les matières organiques a une action prépondérante.

L'inconvénient principal est le coût du filtre à membrane dont la durée de fonctionnement est limitée.

5 - DEVELOPPEMENT DES PROCHAINS APPAREILS : TRIDYN 79

L'ensemble des remarques formulées par les utilisateurs des deux prototypes au cours des essais a permis au Service Technique de CADARACHE d'apporter les modifications nécessaires aux deux nouveaux appareils TRIDYN 79 commandés pour le réacteur ORPHEE.

Les principales améliorations portent sur les points suivants :

Sensibilité : une nouvelle conception de la cellule plus proche de celle de la maquette, ainsi que la protection en plomb dont l'épaisseur augmente de 5 à 10 cm, permettent de réduire le temps de réponse et de diminuer le bruit de fond, donc le rapport S/B.

Hydraulique : la cellule étant montée en by-pass, le TRIDYN peut être branché sur un circuit à gros débit (100 l/h) ce qui diminue également le temps de réponse.

Utilisation : un système d'électrovannes automatiques permet de fonctionner en 3 modes différents en actionnant un commutateur à 3 positions à exclusion mutuelle placé sur la face avant et d'assurer une meilleure sécurité :

- la position "analyse" correspond au fonctionnement normal de mesure
- la position "vidange" pour vidanger le circuit hydraulique avant un rinçage ou avant une mesure de contrôle
- la position "test" permet de faire circuler dans la cellule une solution indépendante du circuit de mesure, soit de l'eau propre de rinçage, soit une solution étalon pour vérifier le bon fonctionnement de l'appareil.

d) le système de filtration par filtre fin est incorporé à l'appareil. Une étude faite par le Service Technique les a conduit à adopter une filtration à 3 cartouches, (1 préfiltre-0,5 μ , 1 cartouche défériser et 1 cartouche à ions d'argent) qui doit fonctionner 2 mois sans intervention à un débit de 20 l/h, avec une perte de sensibilité du scintillateur de 10 % environ.

L'utilisation de ces appareils TRIDYN sur le réacteur ORPHEE d'ici la fin de 1979 permettra de confirmer les résultats es-comptés.

6 - CONCLUSION

Le prototype TRIDYN est en fonctionnement au CENG sur une station de contrôle d'égouts depuis plusieurs mois. A SACLAY, il a fonctionné plusieurs mois sur le circuit secondaire de EL3 et est en attente de branchement au nouveau réacteur ORPHEE.

Dans les deux cas, la mise en place d'un système d'épuration de l'eau a été indispensable pour pouvoir préserver les caractéristiques principales du scintillateur pendant plusieurs mois.

Les trois méthodes employées ont répondu à cet impératif avec cependant quelques inconvénients. Le système par distillation comme celui par passage sur résines augmente lourdement le temps de réponse du système. Une amélioration pourra être apportée en utilisant un distillateur du commerce fonctionnant à 8 l/h ou bien en étudiant un nouveau distillateur à plus fort débit.

Le système par filtre ultra fin est onéreux par suite de la faible tenue du filtre à membrane et de son prix.

Quel que soit le système adopté, l'utilisation d'un bloc d'épuration exclue la possibilité de contrôler dans la deuxième voie de mesure les contaminants autres que le tritium.

Le prototype TRIDYN 1 en fonctionnement depuis 6 mois sur la Station égout Z 28 du CEN.GRENOBLE a un bruit de fond moyen de 20 impulsions/minute et un rapport signal/bruit de 1,5 pour 1 CMA_p tritium.

Le temps de réponse à une contamination de 1 CMA_p tritium est de 60 minutes avec un distillateur fonctionnant à 3 l/h et de 80 minutes avec des colonnes de résines échangeuses d'ions à un débit de 6 l/h. Pour assurer la tenue dans le temps de ces performances une intervention est effectuée tous les 8 à 10 jours pour l'entretien du bloc d'épuration (régénération des colonnes de résines ou nettoyage du ballon de distillation) et le rinçage du panier de scintillateur.

En fonctionnant avec 2 cellules de mesure permutable à chaque intervention la durée de vie des paniers, actuellement en service depuis 6 mois, devrait normalement être de 12 mois.

Le prototype TRIDYN 2 a fonctionné également 6 mois sur le circuit secondaire EL3 avec un bruit de fond de 27 impulsions par minute et un rapport signal/bruit pour 1 CMA_p tritium égal à 3,5 [16].

Le temps de réponse à une contamination de 1 CMA_p tritium est de 45 minutes avec un débit de 30 l/h et un bloc d'épuration par filtration très fine ($0,2 \mu$).

L'intervention pour l'entretien est également de 8 jours environ (changement du filtre à membrane) et la tenue du scintillateur après 6 mois de fonctionnement laisse présumer d'une durée de vie de 1 an environ.

L'ensemble des résultats obtenus a permis de formuler quelques remarques pour l'amélioration des prochains appareils.

D'ores et déjà deux nouveaux appareils destinés à ORPHEE sont en cours de réalisation et seront disponibles dans le dernier trimestre 1979.

Les principales modifications qui ont été apportées permettront de fonctionner deux mois sans intervention manuelle avec un débit de 20 l/h. Cette intervention se limitera au changement de deux cartouches de filtration et à la régénération de la cellule. La durée de vie du scintillateur sera, sans doute, la même que sur les prototypes. Le rapport signal/bruit pour 1 CMA_p sera égal ou supérieur à 5 et le temps de réponse à cette activité inférieur à 30 minutes.

Ce développement donné au nouveau TRIDYN en fait un appareil de contrôle en continu du tritium dans l'eau, dans la gamme d'activité de 10^{-3} Ci/m^3 à 10^{-5} Ci/m^3 , avec une alarme pour un niveau d'activité compris dans cet intervalle, donc bien adapté aux besoins de la radioprotection sur tous les circuits d'eau d'égout ou sur le circuit secondaire des réacteurs.

LISTE DES FIGURES

- Figure 1 : Schéma de principe de la maquette SPR/Grenoble
- Figure 2 : Cellules de détection NE 801 - NE 808 "Flow-cell"
- Figure 3 : Réponse des cellules "PIQUEMAL" de différentes largeurs
- Figure 4 : Rendement du scintillateur en fonction du diamètre des billas
- Figure 5 : Sensibilité de la cellule ($e = 25$ mm) en fonction du poids du scintillateur
- Figure 6 : Cellule à écoulement : maquette Grenoble
- Figure 7 : Prototype TRIDYN : côtes d'encombrement
- Figure 8 : } Prototype TRIDYN : circuit hydraulique
- Figure 8 bis }
- Figure 9 : Cellule de mesure
- Figure 10 : Spectres d'émission du scintillateur
- Figure 11 } Schéma des modules du châssis électronique
- Figure 11 bis }
- Figure 12 : Installation du TRIDYN en station égout

LISTE DES PHOTOGRAPHIES

Photo 1 : TRIDYN en fonctionnement sur station égout.

B I B L I O G R A P H I E

- [1] : R.V OSBORNE -
Detector for tritium in Water - NIM 77 (1970) 170-172
- [2] R.V OSBORNE
Monitoring reactor effluents for tritium - Problem and Possibilities
(1971) AECL - 4054
- [3] : J.C. ZERBIB -
Mesures de faibles quantités de gaz tritié
Application à la radioprotection (1971) IAEA/SM - 148
- [4] : P. GUERIN
Mesure de l'eau tritiée à l'aide de scintillateurs solides
T.S.R 1973 - CEN.S/SPR/LAN
- [5] à [8] : S. DESCOURS - P. GUERIN - J. SICOTTE
Etude d'un ensemble de mesure tritium dans les effluents -
Etat d'avancement
NT/SPEE/LMR/ 73.15
NT/SPEE/LMR /74.19
NT/SPEE/LMR/ 75.05
NT/SPEE/LMR/ 77.02
- [9] : J. RION , H. VIO
TRYDIN 77
Surveillance continue du tritium dans l'eau
CENG/STC/STEC/GIEE n° 1027 (1977)
- [10] : J.C. CAROSI - A. RIVET
Alarme et inhibition - SAI
CEN./CA/STC/STEC/SEIn n_ 1032.05 (1978)
- [11] : J.C. CAROSI - Y.GOBLET
Tiroir SIC 2
STC/STEC/SEIn n° 1032.02 (1978)
- [12] : J.C. CAROSI - A. RIVET
Sommeur et ictomètre logarithmique
STC/STEC/SEIn n° 1032.04 (1978)
- [13] : J.C. CAROSI - J. BERTRAND
Tiroir SCT et alimentations T.H.T.
STC/STEC/SEIn - n° 1027.01 (1978)

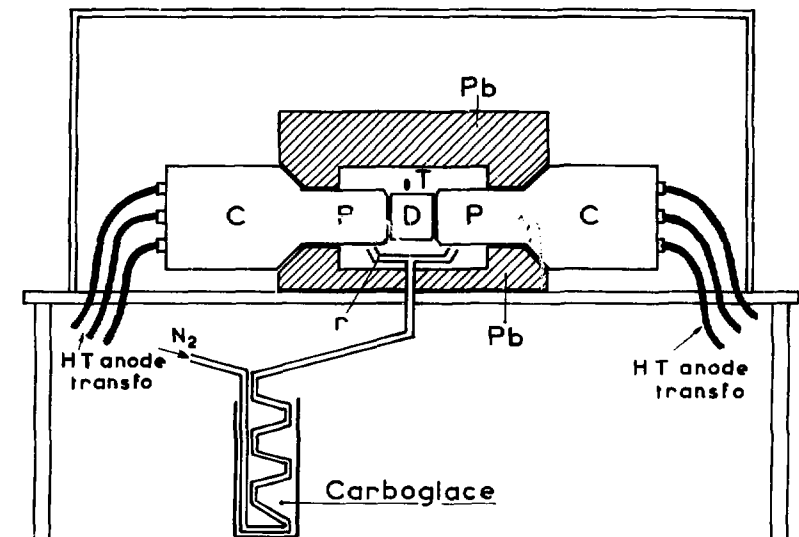
B I B L I O G R A P H I E

— — — — —
(suite)

- [14] : J.C. CAROSI - A. RIVET
STC/STEC/SEIn n° 1032.00 (1978)
- [15] : J. BREMOND - D. Da COSTA VIEIRA
Signaleur de contaminations rapide
STC/STEC/SEIn n° 1032.03 (1978)
- [16] : M. GRANDMOURSEL
Communication interne - Compte rendu d'essais du TRIDYN
SPS/EL3/78.753/RGM/CC
- [17] : M. MICHELETTI
TRIDYN
STEC/SIEE - En cours de publication

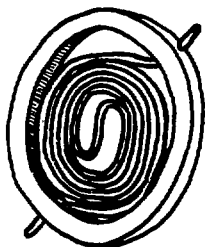
Manuscrit reçu le 19 novembre 1979

Fig.1 Schéma de principe de la maquette
S P R Grenoble sans l'électronique

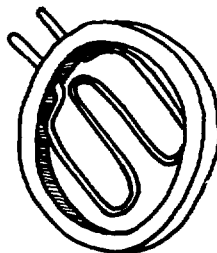


- D détecteur
- C culot des photomultiplicateurs
- P photomultiplicateurs
- Pb protection en plomb
- r tube d'arrivée de gaz refroidi
- T thermocouple

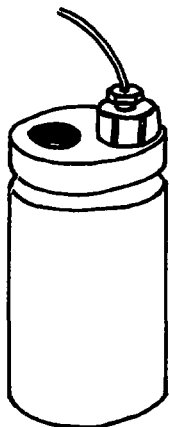
Fig. 2 Cellules de détection



NE 801 A



NE 808 A



"flow_cell" Packard

Fig.3 Réponse des cellules de différentes
largeurs

(Etude de la cellule)

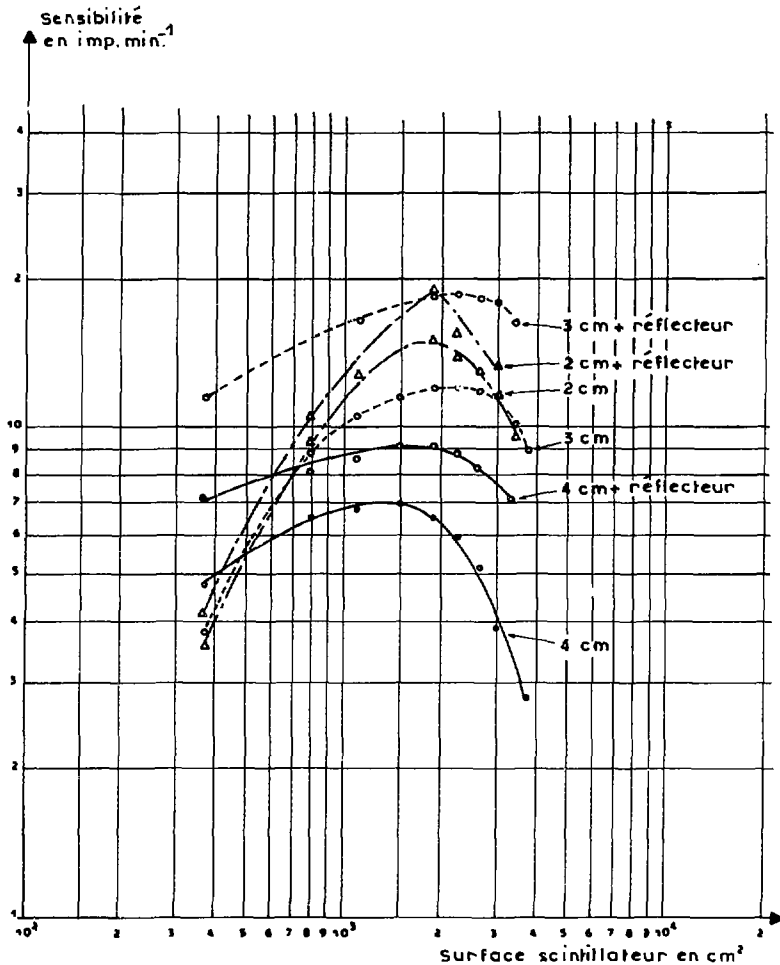


Fig.4 Rendement du scintillateur en fonction
du diamètre des billes

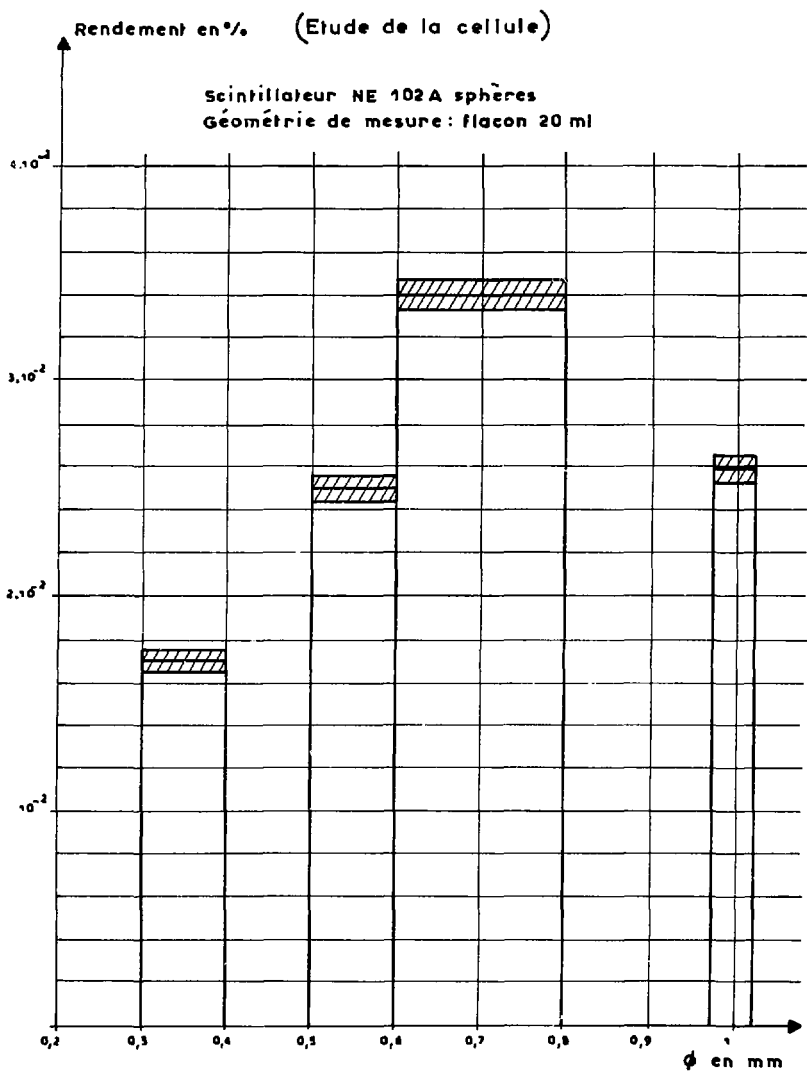


Fig.5 Sensibilité de la cellule en fonction
du poids du scintillateur

(Etude de la cellule)

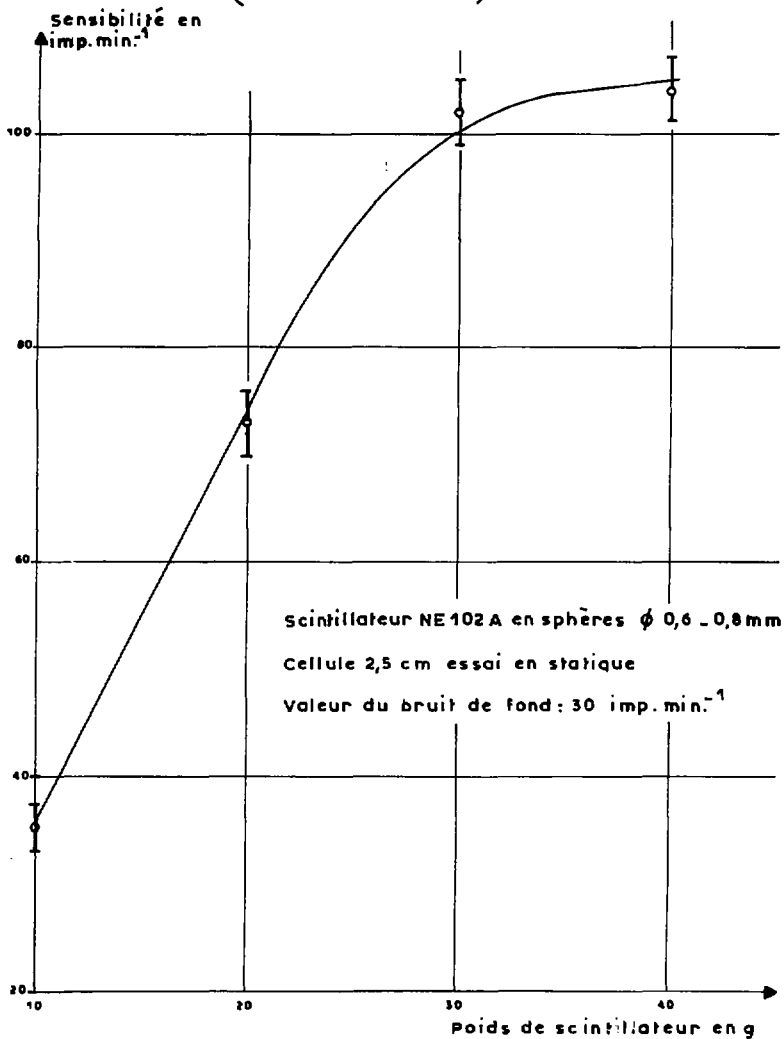
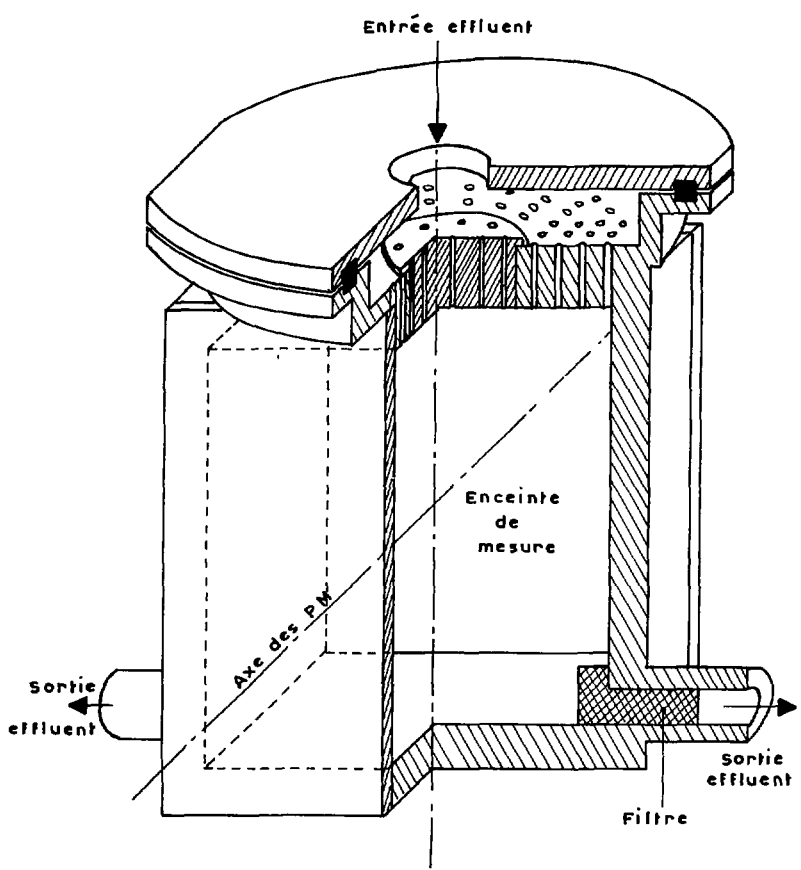


Fig.6 Cellule à écoulement
"Maquette Grenoble"



Echelle ≈ 2

Fig. 7 Prototype TRIDYN: cotes d'encombrement

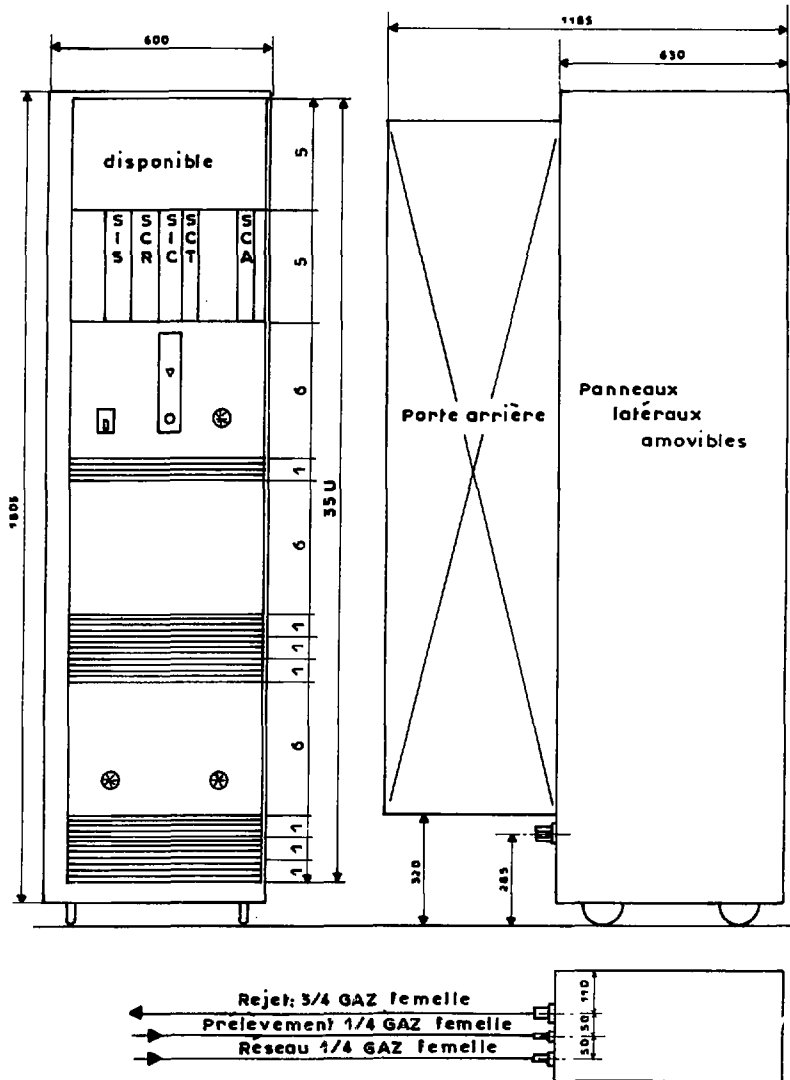


Fig.8 Prototype TRIDYN: circuit hydraulique

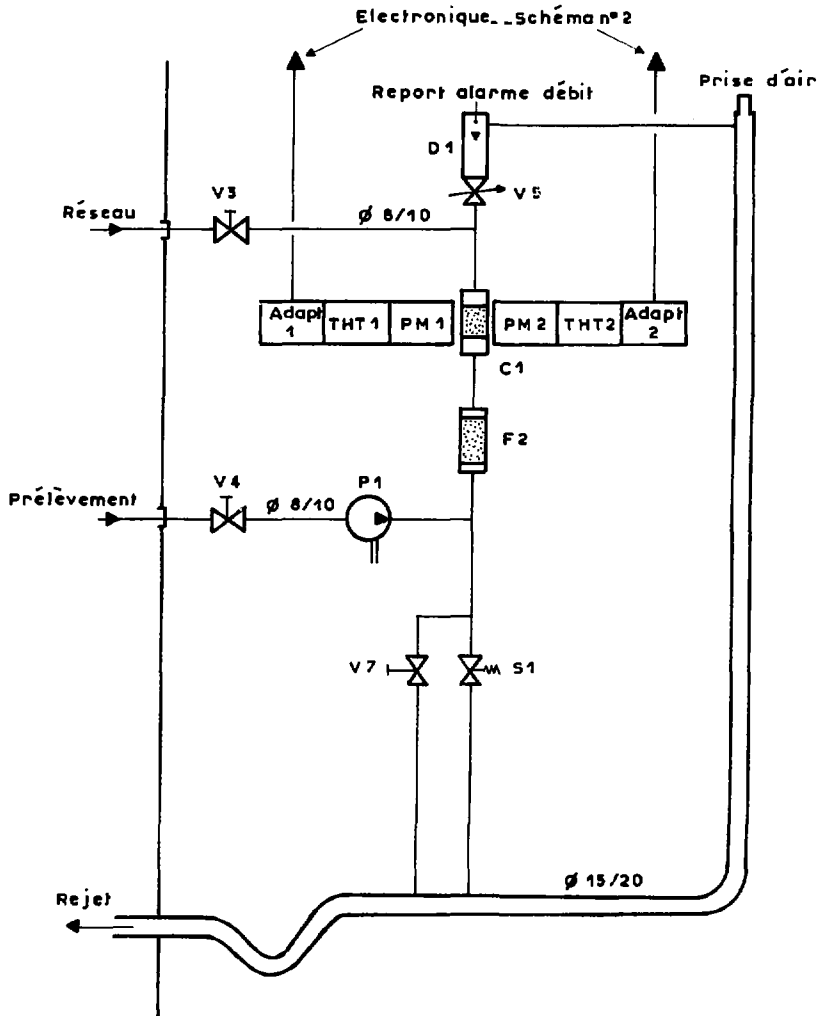
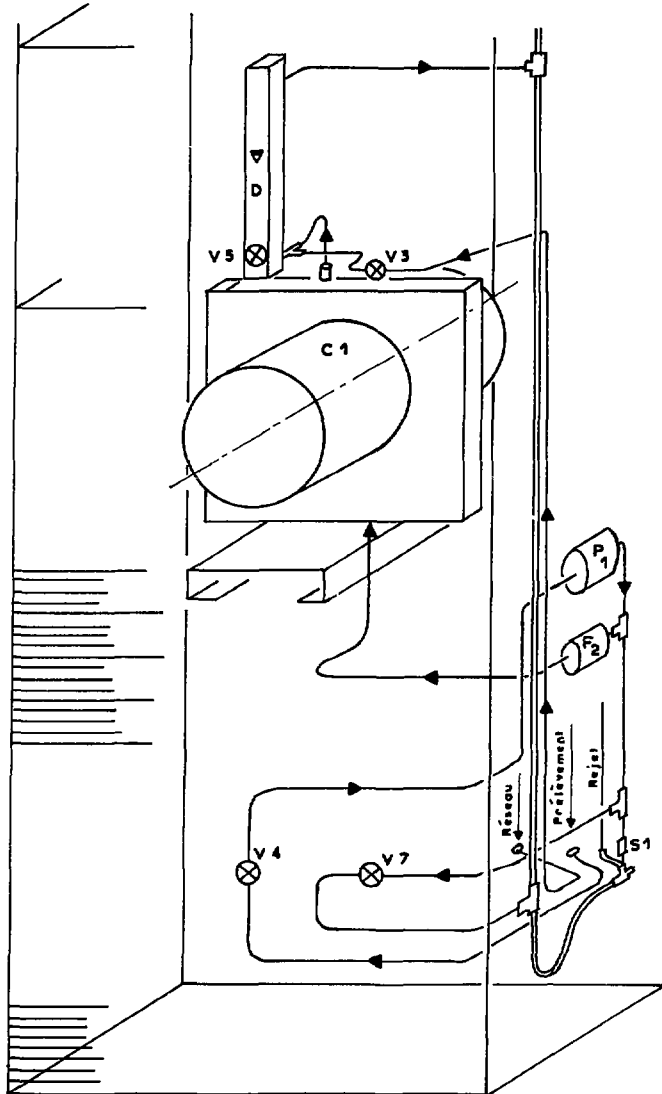


Fig. 8 bis Prototype TRIDYN: circuit hydraulique



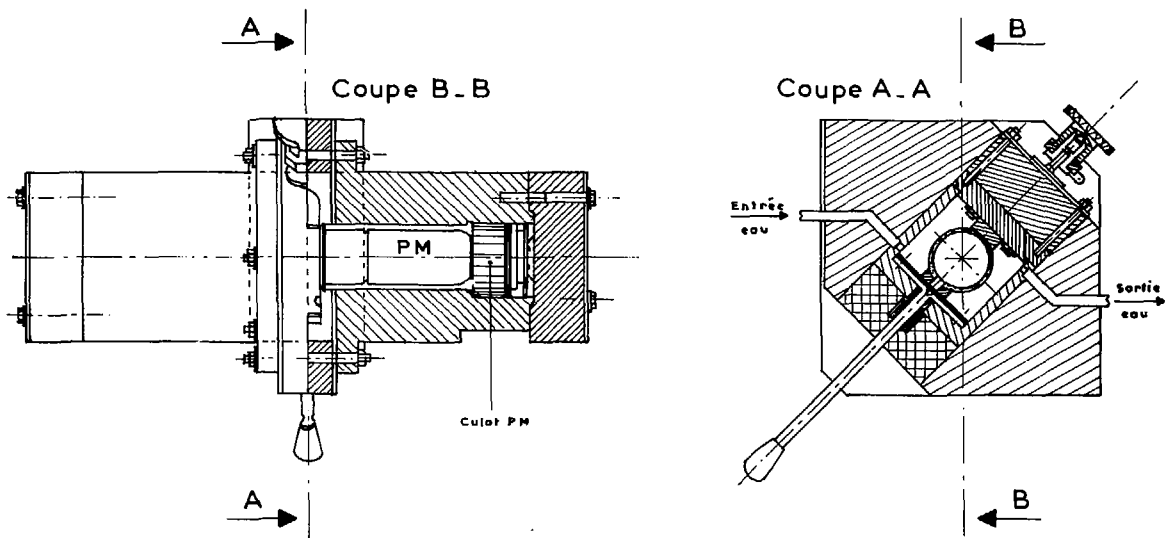
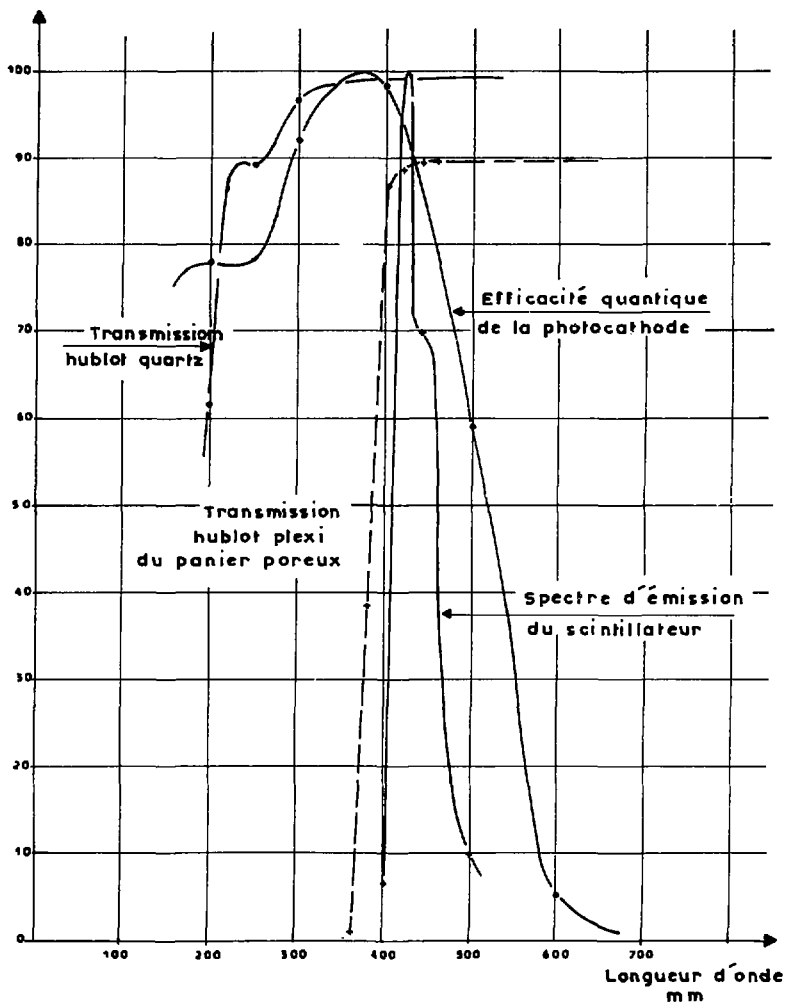


Fig.9 TRIDYN : montage de la cellule dans l'enceinte de protection

Fig.10 Spectres d'émission du scintillateur



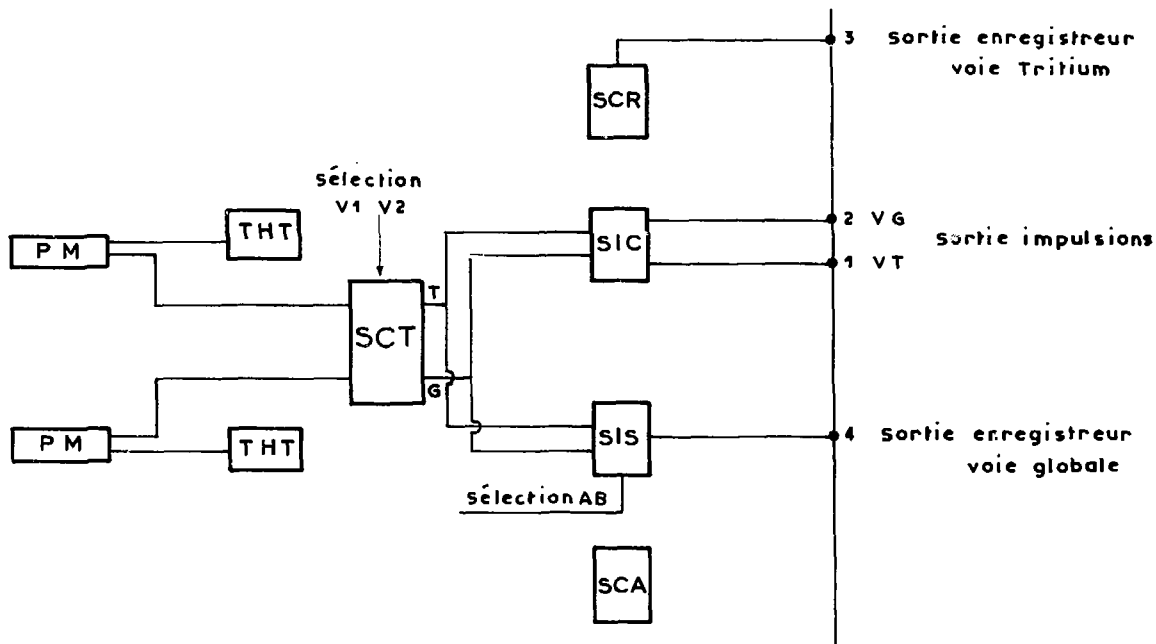


Fig.11 Schéma des modules des chassis électroniques

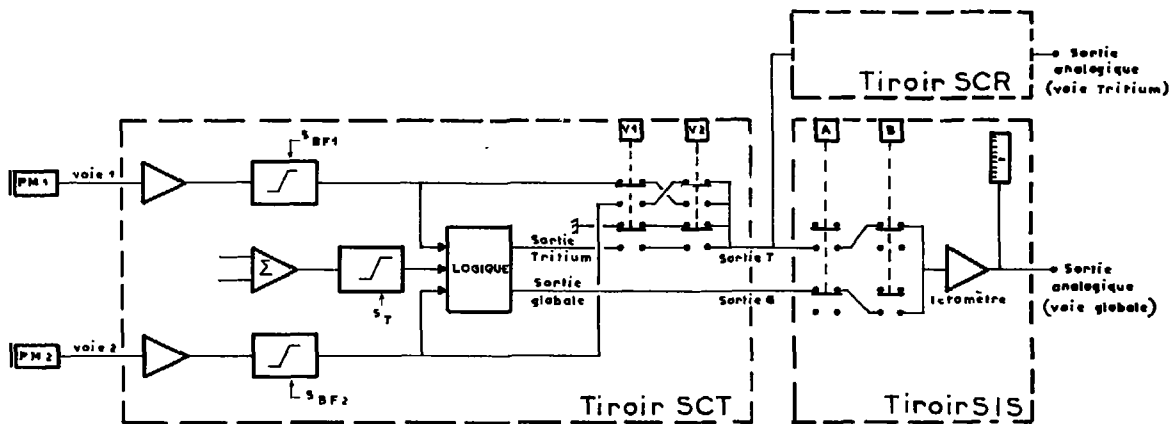


Fig.11^{bis} Schéma des modules des chassis électroniques

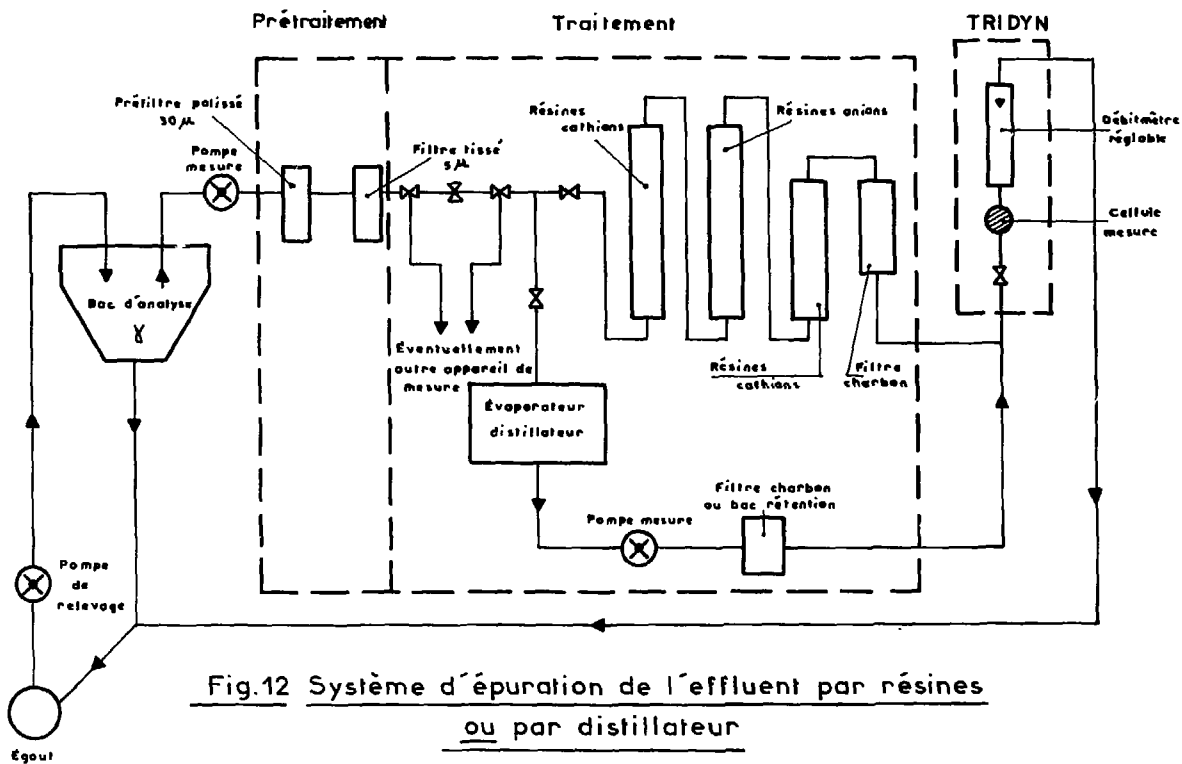


Fig.12 Système d'épuration de l'effluent par résines ou par distillateur



Achévé d'imprimer
par
le CEA, Service de Documentation, Saclay
Février 1980

DEPOT LEGAL
1er trimestre 1980

La diffusion des rapports et bibliographies du Commissariat à l'Énergie Atomique est assurée par le Service de Documentation, CEN-Saclay, B.P. n° 2, 91190 Gif-sur-Yvette (France)

Reports and bibliographies of the Commissariat à l'Énergie Atomique are available from the Service de Documentation, CEN-Saclay, B.P. n° 2, 91190 Gif-sur-Yvette (France)

Edité par

le Service de Documentation

Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay

Boîte Postale n° 2

91190 - Gif-sur-YVETTE (France)