

FR 80 00 408

Direction du CEN-Saclay

Service de Protection
contre les Rayonnements

10/15

Congrès Mesucora - Congrès International de la mesure.
Paris, France, 10 - 15 Décembre 1979.
CEA - CONF 4985

EXEMPLE D'APPLICATION DU TRAITEMENT DE L'INFORMATION
DANS LES MOYENS DE MESURE DES RAYONNEMENTS
AUPRES DES INSTALLATIONS NUCLEAIRES

H. JOFFRE

R E S U M E

L'utilisation des techniques numériques en radioprotection est en cours de généralisation ; une application récente, présentée ici, en est la réalisation du tableau de contrôle des rayonnements (TCR) du bâtiment 49 au Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay. Ce bâtiment, exploité par le Département des Rayonnements Ionisants, assure la production des radioéléments utilisés dans la recherche, la médecine et l'industrie.

Le TCR ainsi réalisé comporte 120 voies de mesure ; son centralisateur comprend 2 calculateurs, 3 écrans de visualisation, 2 imprimantes rapides, une table pour tracer les courbes et un disque enregistreur.

Après quelques mois d'exploitation, cette installation se révèle très efficace dans sa fonction de surveillance en fournissant des indications nouvelles dont la plus importante est la connaissance pratiquement immédiate du niveau de contamination de l'air par les aérosols radioactifs dans les locaux de travail et dans les effluents gazeux. Le traitement de l'information par deux calculateurs et les organes périphériques surdimensionnés paraissent devoir assurer, en outre, une excellente fiabilité de l'ensemble.

En définitive, relativement aux TCR classiques, cette nouvelle installation présente d'excellentes caractéristiques d'exploitation et de fiabilité malgré un coût très sensiblement ~~moins~~ *inférieur*.

S O M M A I R E

I - INTRODUCTION

II - RAPPEL DE QUELQUES NOTIONS DE BASE (exposition cumulée et niveau d'exposition)

2.1. IRRADIATION EXTERNE

2.2. IRRADIATION PAR CONTAMINATION INTERNE

III - FONCTIONS DU TABLEAU DE CONTROLE DES RAYONNEMENTS

3.1. SCHEMA GENERAL DE FONCTIONNEMENT

3.2. INFORMATION DU PERSONNEL SUR LES NIVEAUX D'EXPOSITION

3.3. CONTROLE DE L'ENSEMBLE DE L'INSTALLATION

3.4. GESTION DES RESULTATS DE MESURE ET DE CONTROLE

IV - AVANTAGES DE CETTE GENERATION DE TCR

4.1. EXPLOITATION DES MESURES

4.2. FIABILITE DE FONCTIONNEMENT

4.3. COUT DES EQUIPEMENTS

V - DISCUSSION

FIGURES :

- 1 - Capteur de mesure de l'irradiation externe et coffret de signalisation
- 2 - Centralisateur de contrôle des rayonnements
- 3 - Exemple de contamination atmosphérique par de l'iode-131

I - INTRODUCTION

La radioprotection des personnes travaillant dans les installations nucléaires nécessite l'emploi d'importants moyens fixes de mesure et de signalisation des niveaux de rayonnements. Ces moyens sont centralisés dans des *tableaux de contrôle des rayonnements* ou TCR.

En vue d'utiliser les techniques numériques dans ce domaine, des études de faisabilité ont été entreprises dès 1968 et une première installation, portant sur 18 voies de mesure, a été réalisée en 1974-1975 au Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay [1]. Ce TCR-pilote a permis d'étudier l'intérêt d'une nouvelle génération de TCR et en particulier de vérifier la possibilité d'un traitement valable des informations fournies par les appareils de détection de la contamination de l'air par les aérosols radioactifs.

Les résultats obtenus ayant été très encourageants, une nouvelle installation, portant sur 120 voies de mesure, a été réalisée récemment en recherchant un développement maximal des possibilités offertes par les techniques numériques centralisées. Ce TCR, faisant l'objet de la présente publication, assure le contrôle des rayonnements du bâtiment 49 du Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay ; ce bâtiment, exploité par le Département des Rayonnements Ionisants, est la principale installation du Commissariat à l'Energie Atomique pour la production des radioéléments utilisés dans la recherche, la médecine et l'industrie.

II - RAPPEL DE QUELQUES NOTIONS DE BASE (Exposition cumulée et niveau d'exposition)

Les recommandations de la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR) et le décret du 15 mars 1967 (annexe III) relatif à la protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants définissent des équivalents de dose maximaux admissibles annuels constituant, en termes simples, des limites d'exposition cumulée sur un an.

2.1. IRRADIATION EXTERNE

Pour l'irradiation externe de l'organisme entier, la limite d'exposition cumulée sur un an est de 5 rems.

Pour ne pas dépasser la limite annuelle ainsi fixée et dans l'hypothèse d'une exposition permanente des personnes à une intensité constante du rayonnement durant 2 000 heures de travail par an, il en résulte un débit d'équivalent de dose maximal admissible moyen, ou encore, en termes simples une limite du niveau d'exposition de 2,5 mrem/h.

A la ~~différence~~ différence ^{de} avec l'exposition cumulée, le niveau d'exposition est la valeur instantanée de l'irradiation.

2.2. IRRADIATION PAR CONTAMINATION INTERNE

Dans l'hypothèse d'une contamination atmosphérique à un niveau constant par une vapeur ou un aérosol radioactif, il en résulte pour l'organisme une activité de contamination interne A_t qui varie en fonction de la durée t d'exposition suivant la relation :

$$A_t = A_\infty (1 - e^{-\lambda t})$$

où λ est une constante liée à la constante radioactive λ_R et à la constante d'élimination biologique λ_B pour le radionucléide en cause ($\lambda = \lambda_R + \lambda_B$).

On définit, pour le radionucléide considéré, une concentration maximale admissible dans l'air (CMA) telle que l'activité maximale atteinte dans l'organisme entraîne une irradiation égale à l'équivalent de dose maximal admissible pour l'organe concerné.

La contamination de l'air, exprimée en utilisant la valeur de la CMA comme unité, définit le niveau d'exposition à la contamination atmosphérique.

L'exposition cumulée à la contamination atmosphérique peut être exprimée en CMA.h.

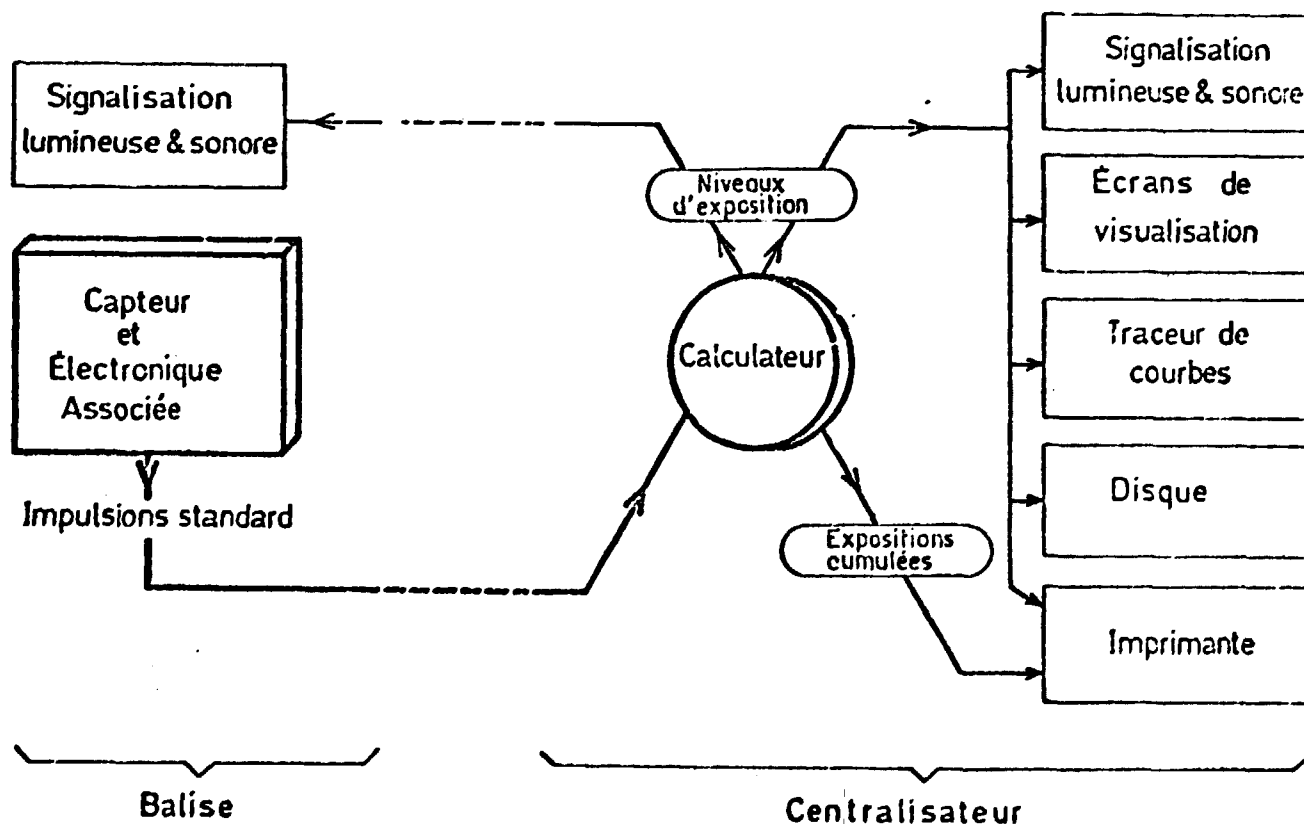
Le tableau récapitulatif ci-dessous regroupe les unités à utiliser pour exprimer les niveaux d'exposition et les expositions cumulées.

	Irradiation externe	Contamination atmosphérique
Niveau d'exposition (instantanée)	rem/h	CMA
Exposition cumulée	rem	CMAh

III - FONCTIONS DU TABLEAU DE CONTROLE DES RAYONNEMENTS

3.1. SCHEMA GENERAL DE FONCTIONNEMENT

Pour ce qui concerne la mesure, la signalisation et l'enregistrement des niveaux d'exposition et des expositions cumulées, le fonctionnement du tableau de contrôle des rayonnements peut être représenté par le schéma ci-dessous :



3.2. INFORMATION DU PERSONNEL SUR LES NIVEAUX D'EXPOSITION

Le personnel est tenu informé des niveaux d'exposition par l'implantation de détecteurs de rayonnements dans les locaux de travail présentant des risques d'exposition à l'irradiation externe ou à la contamination radioactive ; le TCR du bâtiment 49 comporte :

- 54 détecteurs de mesure de l'irradiation externe (chambres d'ionisation de 17 litres),
- 1 détecteur de mesure de la contamination radioactive par les gaz radioactifs (chambre d'ionisation différentielle),
- 54 détecteurs de mesure de la contamination atmosphérique par les vapeurs et les aérosols radioactifs (détecteurs à scintillation associés à un prélèvement atmosphérique sur filtre fixe).

A proximité immédiate de chaque détecteur de rayonnements, est associé un coffret de signalisation sonore et lumineuse qui tient le personnel informé en permanence sur les niveaux d'exposition aux rayonnements ainsi que de tout changement important survenant à ces niveaux (fig. 1).

En application des articles 17 et 18 du décret du 28 avril 1975 sur la protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants et de l'arrêté d'application du 7 juillet 1977, les niveaux d'exposition mesurés sont répartis en quatre plages suivant le tableau ci-dessous qui indique, en outre, la signalisation lumineuse résultant du même arrêté et la signalisation sonore appliquée au TCR du bâtiment 49.

Plage de mesure	0	1	2	3
Niveau d'exposition (Irradiation externe ou contamination de l'air)		1	80	4 000
	LMA →			
Signalisation lumineuse (permanente)	vert	jaune	orange	rouge
Signalisation sonore (après changement de plage et temporisée)		250 Hz	750 Hz	250-750 Hz
Conditions de travail	Situation normale	Durée limitée		Evacuation immédiate

Le délai de déclenchement des signalisations est d'autant plus court que le niveau d'exposition atteint est plus élevé. Dans ces conditions, un accident, même grave, se produisant sur une installation ne peut entraîner qu'une exposition relativement faible du personnel, de quelques millirems à quelques dizaines de millirems pour ce qui concerne l'irradiation externe de l'organisme entier ou l'irradiation interne par inhalation.

La grande sensibilité des détecteurs de rayonnements et la précocité de déclenchement de l'alarme sont deux aspects caractéristiques des moyens de surveillance du risque nucléaire ; ils contribuent à apporter au personnel un climat de sécurité et de confiance qui n'existe pas sur le plan du risque chimique où les moyens de mesure mis en oeuvre sont rarement associés à des dispositifs d'alarme et ne fournissent généralement, lorsque ces mesures sont faites, que des résultats, a posteriori, d'expositions déjà subies et qui peuvent être graves. Le cas de la pollution de l'air dans les locaux de travail par le béryllium en est un exemple typique bien connu.

3.3. CONTROLE DE L'ENSEMBLE DE L'INSTALLATION

Le contrôle des niveaux de rayonnements pour l'ensemble du bâtiment 49 est assuré par :

- les détecteurs indiqués ci-dessus en 3.2. parmi lesquels 7 chambres d'ionisation contrôlent également l'irradiation externe auprès des gaines d'évacuation des effluents gazeux (après filtre) et des canalisations d'évacuation des effluents liquides vers les cuves de stockage ;
- les détecteurs contrôlant la radioactivité des effluents gazeux rejetés, après filtration, dans les gaines d'évacuation vers la cheminée du bâtiment :
 - . 3 chambres d'ionisation différentielles pour la mesure des gaz radioactifs,
 - . 8 détecteurs à scintillation pour la mesure des aérosols radioactifs prélevés en continu sur filtre fixe.

Tous les résultats des mesures fournies par les détecteurs répartis dans le bâtiment sont regroupés et exploités par un centralisateur qui, après traitement par ordinateur, assure les fonctions suivantes (fig. 2) :

- visualisation sur écrans de la valeur précise des niveaux d'exposition à l'irradiation externe et à la contamination ;
- signalisation lumineuse et sonore de tout changement de plage des niveaux d'exposition ;

- tracé de courbes de variation des niveaux d'exposition présentant un intérêt particulier, sur demande de l'opérateur de tableau ou automatiquement pour les détecteurs donnant les niveaux les plus élevés.

Tous ces résultats, fournis par le TCR avec précision et pratiquement en temps réel, permettent une connaissance permanente et complète de l'état de l'ensemble des installations du bâtiment sur le plan de la radioprotection ; ils permettent également, en cas d'accident, une intervention très efficace par la précision et la rapidité des informations fournies.

Il est à noter qu'un tableau de contrôle technique ou TCT (partie gauche de la fig. 2), associé au TCR, assure le contrôle de l'ensemble des servitudes techniques du bâtiment concernant :

- la ventilation générale du bâtiment (21 ventilateurs) ;
- le verrouillage des accès aux locaux à séjour réglementé ou interdit (24 accès par clés regroupées au centralisateur, 4 accès par badge magnétique et 8 passages pouvant être interdits en cas d'accident) ;
- le niveau d'eau de la piscine de stockage des sources de très haute activité ;
- les niveaux de remplissage des cuves à effluents liquides (14 cuves à effluents actifs et 12 cuves à effluents douteux) ;
- l'état des alimentations électriques du bâtiment (réseau EdF et réseaux secours).

3.4. GESTION DES RESULTATS DE MESURE ET DE CONTROLE

A côté des informations en temps réel qui sont nécessaires à la surveillance des installations, le calculateur permet d'assurer la gestion automatique des résultats de mesure pour les fonctions suivantes :

- Impression des niveaux d'exposition
 - . automatiquement et avec une périodicité d'autant plus courte que les niveaux atteints sont plus élevés,
 - . automatiquement également pour tout changement de plage de mesure,
 - . à la demande de l'opérateur de tableau.
- Impression des expositions cumulées
 - . automatiquement avec une périodicité journalière et mensuelle,
 - . à la demande de l'opérateur.
- Mise en mémoire sur disque permettant, a posteriori, le tracé rapide et précis de toute courbe de variation des niveaux d'exposition. Cette possibilité est particulièrement intéressante pour permettre l'interprétation rapide des résultats de mesure en fonctionnement normal des installations ou en cas d'accident.

Le calculateur permet également l'impression automatique de l'état des servitudes techniques du bâtiment et de tout changement intervenant dans cet état (ventilation du bâtiment, verrouillage des accès, niveau d'eau de la piscine de stockage, niveaux des effluents dans les cuves et alimentations électriques du bâtiment).

IV - AVANTAGES DE CETTE GENERATION DE TCR

Relativement aux précédentes générations de TCR, l'utilisation d'un calculateur apporte des avantages notables sur plusieurs plans.

4.1. EXPLOITATION DES MESURES

4.11. *Connaissance des niveaux d'exposition et des expositions cumulées*

Les détecteurs de rayonnement fournissent une réponse qui est proportionnelle

- au niveau d'exposition pour les détecteurs de mesure de
 - . l'irradiation externe (chambre d'ionisation),
 - . la contamination de l'air par les gaz radioactifs (chambre d'ionisation différentielle à circulation).

Le traitement de l'information fournie par ces capteurs permet, en outre, d'obtenir l'exposition cumulée.

- à l'exposition cumulée pour les détecteurs de mesure de la contamination atmosphérique par les aérosols radioactifs qui mesurent, par une détection à scintillation, l'activité cumulée sur un filtre fixe de prélèvement atmosphérique continu.

Le traitement de l'information fournie par ce capteur permet, en outre, d'obtenir le niveau d'exposition.

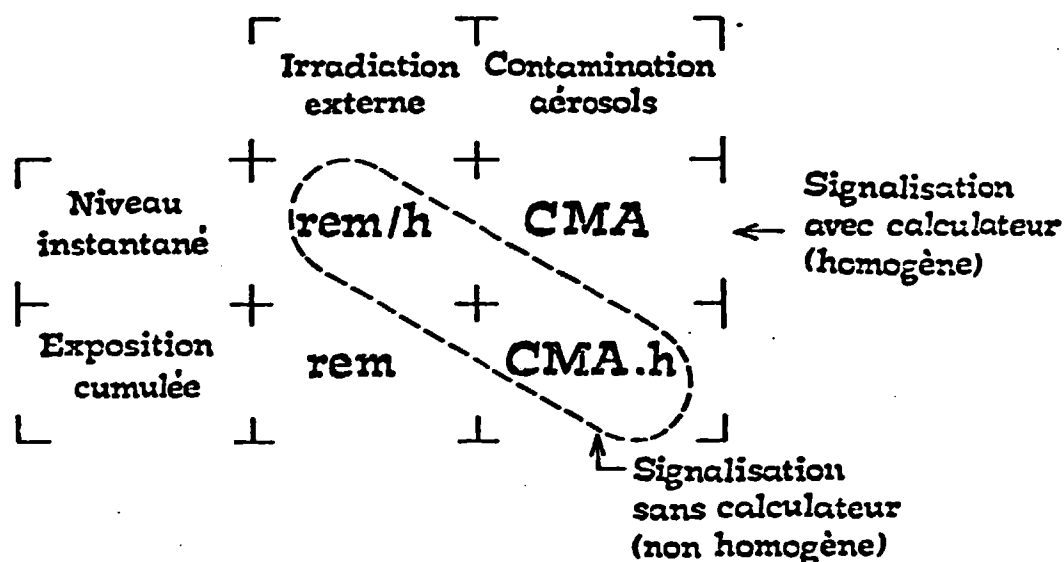
4.12. *Homogénéité de la signalisation*

En l'absence de traitement de l'information, la signalisation est, d'après ce qui précède, relative

- aux niveaux d'exposition pour l'irradiation externe et la contamination atmosphérique par les gaz radioactifs,
- à l'exposition cumulée pour la contamination atmosphérique par les aérosols.

Ainsi que le montre le schéma ci-dessous, cette signalisation n'est donc pas homogène ; pour les aérosols radioactifs, elle est de plus d'une interprétation difficile et peut manquer de sensibilité.

Le traitement de l'information restitue l'homogénéité requise et permet, dans tous les cas, une signalisation relative aux niveaux d'exposition.



4.13. Expression des résultats de mesure

Les informations fournies directement par les détecteurs de rayonnements sont exprimées en ampères pour les chambres d'ionisation et en impulsions par seconde pour les compteurs proportionnels ou les détecteurs à scintillation.

Le traitement de l'information permet d'éviter cette disparité dans l'expression des résultats par l'utilisation d'une électronique associée au détecteur fournissant des impulsions standard (20 V et 2 μ s) et par l'introduction, au niveau du calculateur, de tous les coefficients relatifs aux conditions de mesure et à la nature des rayonnements ou des radionucléides en cause. Il devient ainsi possible d'exprimer les niveaux d'exposition directement en LMA c'est-à-dire en prenant pour unité le niveau d'exposition maximal admissible d'irradiation externe ou de contamination atmosphérique. De même, l'exposition cumulée est exprimée en LMA.h (1 LMA.h correspond à 2,5 mrem pour l'irradiation externe et à 1 CMA.h pour la contamination atmosphérique).

Toutes les informations fournies sont ainsi présentées de façon homogène et directement interprétables.

4.14. Sensibilité dans les mesures de contamination atmosphérique par les aérosols

Seul le traitement de l'information permet de connaître le niveau d'exposition à la contamination atmosphérique par les aérosols et, en particulier, d'avoir connaissance, après une montée du niveau de contamination,

de la décroissance de ce niveau. Il en résulte un contrôle précis des installations de production et, en cas d'accident, une réduction des durées d'évacuation des locaux.

La figure 3 donne un exemple de tracé du niveau d'exposition obtenu lors d'un incident de contamination atmosphérique par de l'iode-131 (courbe 1) ; le niveau maximal de contamination a été de 60 CMA. La courbe 2, sur la même figure, indique, en l'absence de traitement de l'information et pour le même incident, la variation du taux de comptage résultant de l'activité cumulée sur le filtre de prélèvement. La comparaison de ces deux courbes montre l'intérêt évident du traitement de l'information pour la surveillance de la contamination atmosphérique.

4.15. Tracé des courbes de variation des niveaux d'exposition

La prise en mémoire sur disque associé au calculateur permet la restitution précise de toutes les courbes de variation des niveaux d'exposition en fonction du temps pour tous les capteurs. L'ensemble de ces courbes constitue une information très complète en cas d'accident dont l'analyse est ainsi considérablement facilitée.

4.16. Visualisation des niveaux d'exposition

La visualisation sur écrans cathodiques associés au calculateur permet de regrouper sur chaque écran utilisé jusqu'à 44 mesures de niveaux d'exposition en donnant en même temps les valeurs précises de ces niveaux et, pour toute évolution, une représentation immédiate et visible à distance.

4.17. Gestion des résultats

En exploitation normale ou en cas d'accident, le calculateur fournit rapidement une exploitation complète des renseignements déjà explicités en 3.4. En l'absence de traitement de l'information, l'exploitation des indications fournies par des enregistreurs multivoies, par exemple pour obtenir les expositions cumulées, est pratiquement irréalisable dans le cas d'un TCR à 120 voies de mesure.

4.2. FIABILITE DE FONCTIONNEMENT

4.21. Centralisateur

L'inconvénient majeur d'un centralisateur à calculateur est la paralysie totale du système en cas de panne survenant au centralisateur. Pour éviter cet inconvénient, le centralisateur a été doublé dans tous ses organes essentiels.

Le traitement de l'information est assuré par deux calculateurs qui se contrôlent réciproquement et qui sont, tous les deux, en mesure d'assurer la totalité du traitement.

En cas de panne d'un organe périphérique (écran de visualisation ou imprimante), toutes les indications et les enregistrements demeurent assurés grâce à une configuration condensée.

4.22. Capteurs et coffrets de signalisation

Le fonctionnement correct des capteurs est contrôlé en permanence par l'adjonction éventuelle à chaque capteur d'une très faible source de rayonnement permettant de s'assurer que le capteur émet constamment un signal toujours supérieur à un seuil dit de bon fonctionnement. La totalité de la chaîne de mesure liée à chaque capteur est ainsi contrôlée en permanence.

En outre, tout défaut de fonctionnement est immédiatement signalé : non branchement d'un capteur, défaut de haute-tension, arrêt d'un moteur de prélèvement d'air, perte de charge par excès ou par défaut sur un filtre de prélèvement, non branchement d'un coffret de signalisation, non fonctionnement d'une ampoule de signalisation.

4.23. Alimentation électrique

L'alimentation électrique du TCR est assurée par un ensemble batterie d'accumulateurs-onduleur qui assure une alimentation électrique parfaitement stabilisée.

En cas de coupure de l'alimentation par le secteur, ce système assure une autonomie de marche du centralisateur de une heure.

Enfin, un groupe électrogène de 85 kVA est en mesure de pallier un arrêt du secteur en assurant la totalité des fonctions du TCR et du TCT.

4.3. COUT DES EQUIPEMENTS

4.31. Liaisons capteurs-centralisateur et électronique du centralisateur

En l'absence de traitement de l'information, les signaux transmis des capteurs au centralisateur, sur les distance pouvant atteindre plusieurs centaines de mètres, sont des courants ou des impulsions faibles exigeant la mise en oeuvre de câbles très onéreux. Cet inconvénient est supprimé dans cette génération de TCR pour laquelle l'électronique associée aux capteurs fournit des impulsions standard d'environ 20 volts, la fréquence de ces impulsions augmentant avec le niveau d'exposition. Chaque impulsion correspond à un quantum d'exposition, par exemple 5 μrem pour l'irradiation externe.

Tous les capteurs fournissant les mêmes impulsions, il en résulte une standardisation des câbles de liaison capteurs-centralisateur et de l'électronique du centralisateur, disposée en interface entre les capteurs et le calculateur.

4.32. Signalisation des niveaux d'exposition

Le traitement de l'information et les progrès technologiques en électronique permettent de réaliser à peu de frais le seuil de bon fonctionnement et les trois seuils d'alarme sonore et lumineuse pour les niveaux d'exposition définis par l'arrêté d'application du 7 juillet 1977 (*) relatif à l'article 18 du décret du 28 avril 1975.

4.33. Enregistrement des résultats

Les périphériques associés au calculateur (trois écrans de visualisation, un traceur de courbe, deux imprimantes et un disque mémoire) permettent avantageusement, sur les plans du coût et de l'efficacité de la surveillance, d'éviter l'utilisation d'un tableau synoptique, de 21 enregistreurs multivoies (type minipont) et de 3 enregistreurs suiveurs (type speedomax).

4.34. Coût global du TCR

Le coût du TCR à 120 voies de mesure du bâtiment 49, actualisé à décembre 1978, se situe à environ 30 % au-dessous de celui d'une installation classique (sans traitement de l'information) comportant les mêmes voies de mesure.

Si le nombre de voies de mesure est moins important, cet avantage se réduit ; il devient nul pour un nombre de voies situé entre 40 et 50. Cependant, compte tenu de ses caractéristiques d'exploitation très supérieures, cette génération de TCR, avec traitement de l'information par centralisateur doublé, mérite de conserver encore la préférence même pour un nombre de voies plus faible, et il en sera encore très probablement de même (au-dessus d'environ 30 voies de mesure) lorsque la comparaison pourra être faite avec un TCR à microprocesseurs et centralisateur offrant des performances équivalentes.

Enfin, l'extension du traitement de l'information au TCT a permis de réaliser pour cette dernière installation une économie voisine de 20 %.

(*) Cet arrêté fixe les seuils et les modalités de signalisation des zones spécialement réglementées ou interdites à l'intérieur de chaque zone contrôlée.

V - DISCUSSION

Le contrôle de la validité des informations très complètes fournies par cette nouvelle génération de TCR a nécessité la réalisation de matériels spécifiques de tests :

- . dispositif WANG-CAMAC aussi utilisé pour la mise au point des programmes de traitement /2/ ;
- . générateur de tests séquentiels microprogrammés /3/ ; connecté au niveau de la sortie d'un capteur de mesure de l'irradiation ou de mesure de la contamination, ce générateur permet de comparer les indications fournies par le calculateur aux niveaux de rayonnement simulés ;
- . dispositif de simulation de commande de signalisation pour le contrôle des états des balises /4/.

Cette nouvelle génération de TCR a nécessité également, pour le personnel de radioprotection chargé de son exploitation, une adaptation aux nouvelles techniques utilisées. Dans ce but, du début du projet jusqu'au dernier contrôle de recette, cette installation a été réalisée dans un esprit de coopération de tous les participants. Cette bonne cohésion dans le travail a permis de livrer, pratiquement dans les délais prévus, une installation qui remplit pleinement les espoirs formulés au départ par les utilisateurs. En particulier, la participation du Service de Protection contre les Rayonnements à la programmation a permis d'apporter à ce service une bonne connaissance des nouveaux équipements et leur prise en main dans les meilleures conditions possibles.

BIBLIOGRAPHIE

- [1/] JOFFRE H.
Contrôle centralisé des rayonnements par utilisation des techniques numériques - Exemple de réalisation au Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay - NUCLEX (Bâle 1975).
- [2/] CASTRI J.
Appareillage expérimental, pour les problèmes du contrôle de la contamination radioactive, utilisant un ordinateur WANG série 700 couplé à un châssis CAMAC.
Rapport CENS/SPR/SRI-73/167 - juillet 1973.
- [3/] FRUCHART D.
Générateur séquentiel d'impulsions balise.
Rapport CENS/SPR/AER-77/34 - novembre 1977.
- [4/] TRAVAILLON R. - FRUCHART D.
Générateur séquentiel de codes logiques.
Rapport CENS/SPR-76/119 - 30 janvier 1976.

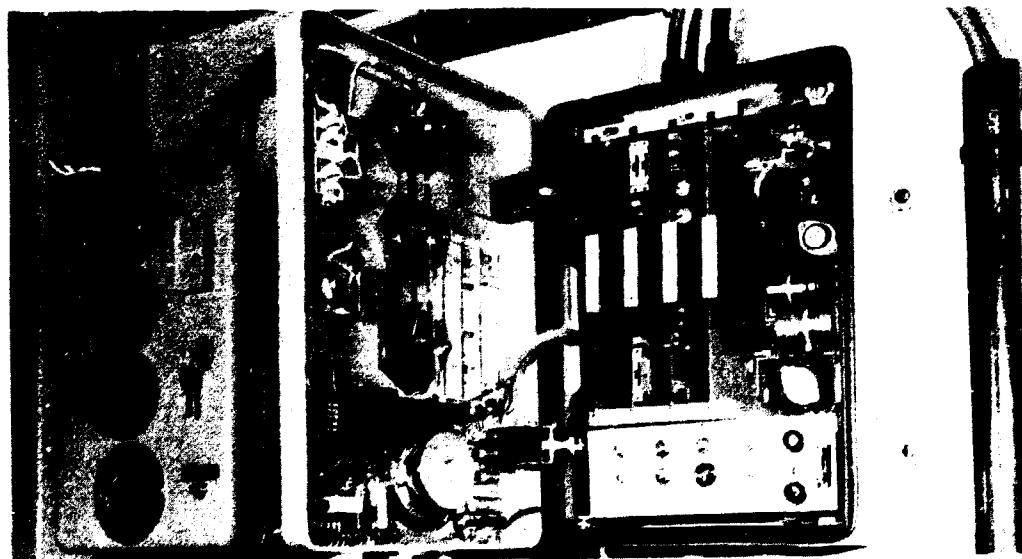
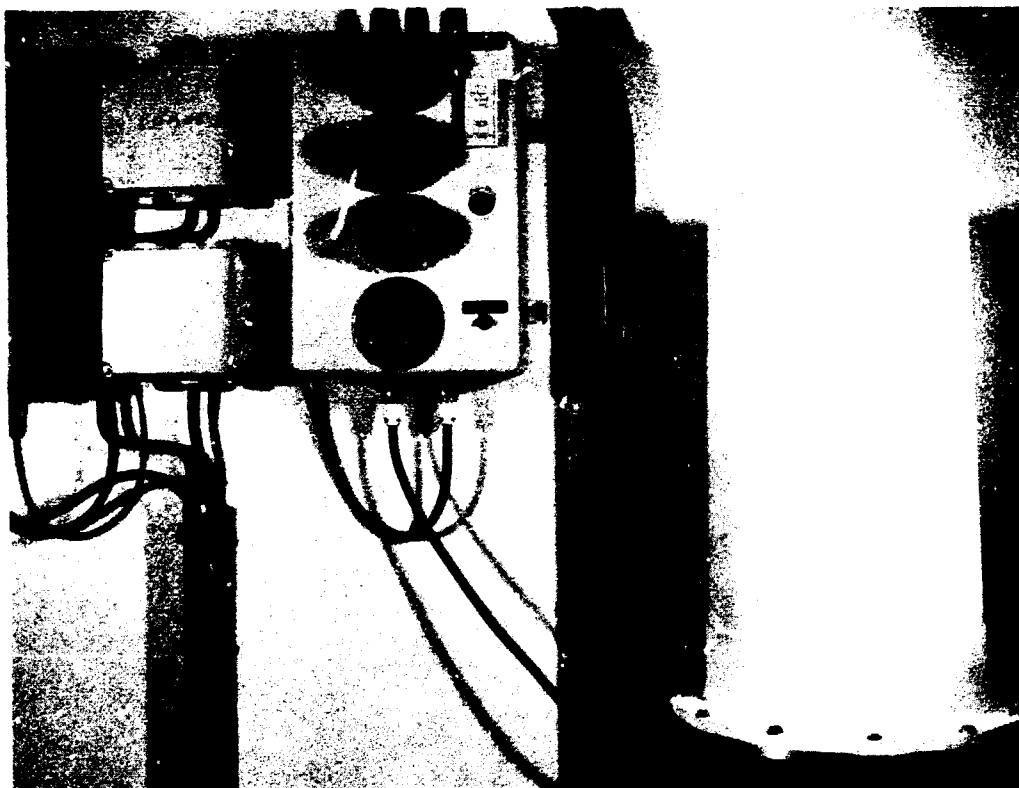


FIGURE 1 - CAPTEUR DE MESURE DE L'IRRADIATION EXTERNE
ET COFFRET DE SIGNALISATION

- . en haut à droite : chambre d'ionisation
- . en bas à gauche : coffret de signalisation fermé
- . en bas à droite : coffret de signalisation ouvert

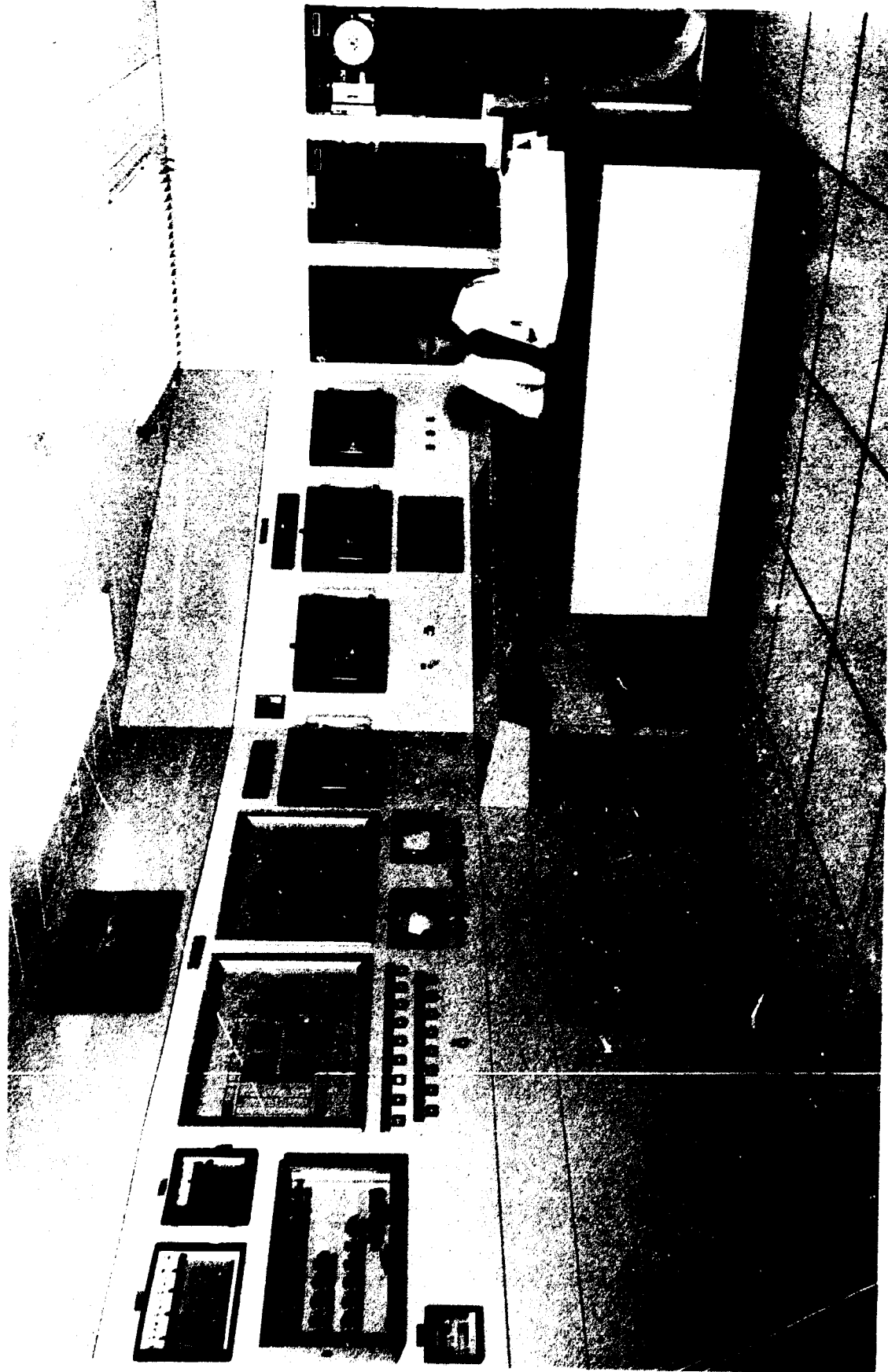


FIGURE 2 - CENTRALISATEUR DE CONTROLE DES RAYONNEMENTS

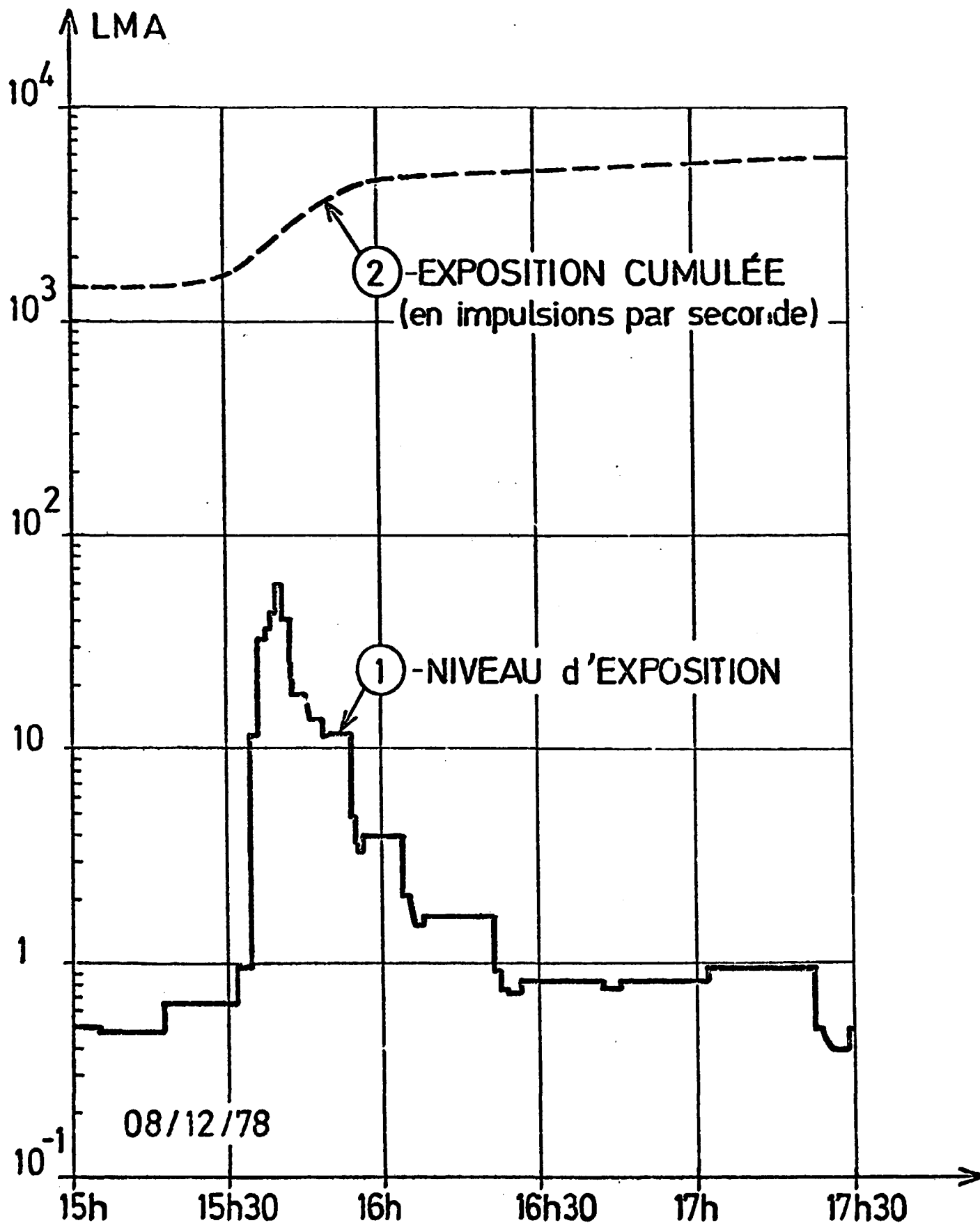


FIGURE 3 - EXEMPLE DE CONTAMINATION ATMOSPHERIQUE
PAR DE L'IODE-131

