SYSTÈME DE TÉLÉGESTION EN TEMPS RÉEL DES INFORMATIONS RELATIVES A LA SÉCURITÉ ET A LA RADIOPROTECTION DU C.E.N. DE SACLAY

Ph. TARDY-JOUBERT*, J.DERREY*, P.FIQUET**

(manuscrit reçu le 14 mars 1969)

I - INTRODUCTION

I.1. MISSION DU SERVICE DE PROTECTION CONTRE LES RAYONNEMENTS

Le Service de Protection contre les Rayonnements (S.P.R.) du Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay est chargé de la surveillance, des contrôles et des interventions nécessaires à la protection contre les dangers des rayonnements à l'intérieur et au voisinage du Centre. A l'intérieur du Service, une Section est spécialisée dans le transport des sources, l'intervention, la décontamination des locaux et des matériels, le traitement, le conditionnement et le stockage ou l'évacuation des déchets solides ou liquides.

La mission de surveillance et de contrôle peut être décomposée de la façon suivante :

- examen préalable des projets d'installations et de manipulations;
- rédaction avec les utilisateurs de consignes d'exploitation;
- contrôle des installations à leur mise en service, après toute modification et en fonctionnement normal;
- contrôle des effluents rejetés à l'extérieur du Centre;
- détection des incidents radioactifs puis limitation de leurs conséquences.

L'arrêté du Ministère des Affaires Sociales du 24 avril 1968 [1] précise qu'à l'intérieur du C.E.A. les S.P.R. remplissent les fonctions des organismes agréés prévus au décret 67-228 du 15 mars 1967 portant règlement d'administration publique relatif à la protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants. A ce titre, les S.P.R. envoient, annuellement, à l'Inspection du Travail et au Service Central de Protection contre les Rayonnements Ionisants, un rapport d'ensemble sur les contrôles effectués.

Le même arrêté précise que les Directeurs de Centre du C.E.A. sont chargés de tenir un document constamment mis à jour sur la situation des générateurs

* Service de Protection contre les Radiations CEN-SACLAY.

** Recherches Etudes et Méthodologie en Traitement de l'Information S.A., 5, rue Broussais, Paris 14^e.

électriques de rayonnement et des sources radioactives scellées et non scellées. L'état récapitulatif est adressé chaque année à l'Inspection du Travail qui doit également recevoir chaque mois un état récapitulatif des incidents survenus, des dépassements des équivalents de dose maximaux admissibles et les noms des travailleurs ayant effectué des travaux exceptionnels au sens du décret. Le S.P.R. est tout naturellement chargé par le Directeur du Centre de la préparation de tous ces documents.

1.2. L'ORIGINE DES INFORMATIONS REÇUES PAR LE S.P.R. ET LEUR TRAITEMENT LOGIQUE

Pour accomplir sa mission, le S.P.R. est donc d'abord un bureau de recherche, de collationnement et de comparaison d'informations très diverses et qui sont recueillies à des sources et par des voies différentes. Il faut d'abord noter les déclarations des utilisateurs, l'exploitation des demandes de travaux, des bordereaux de livraison et de transport des sources radioactives, les comptes rendus d'observations des agents de radioprotection répartis dans les différentes installations puis les résultats des contrôles systématiques ou en cas d'incident; ces contrôles portent sur le personnel (dosimètres individuels, contamination cutanée, examens radiotoxicologiques) et sur les locaux où ils sont normalement effectués avec des appareils de mesure de l'irradiation ou de la contamination qui peuvent être à lecture immédiate ou différée.

L'exploitation des résultats de mesure, tant au point de vue physique, identification des radionucléides et mesure de leur concentration, qu'au point de vue radiobiologique, évaluation des équivalents de dose, implique la consultation de fichiers contenant pour chaque radionucléide les périodes, les schémas de désintégration, les concentrations maximales admissibles pour les formes chimiques les plus courantes et pour chaque organe concerné.

Ces fichiers sont également nécessaires à l'évaluation a priori du risque et devront être complétés en particulier par des données sur l'atténuation des différents rayonnements dans les blindages courants.

De la même façon, l'examen préalable des projets ou l'autorisation d'entrée d'une source dans un local, la demande d'accord pour des travaux impliquant une irradiation, l'établissement de plans renseignés d'intervention impliquent la consultation des fichiers suivants :

- locaux;
- sources;
- irradiations antérieures du personnel et interdictions éventuelles.

Il est intéressant de pouvoir gérer automatiquement la maintenance des matériels, détecteurs et masques à gaz, d'établir les prix de revient analytiques des prestations S.P.R., par client, pratiquement par service utilisateur, et de prévoir ainsi les évolutions probables.

1.3. INTÉRÊT DE LA TÉLÉGESTION

Nous voyons, dès maintenant, l'intérêt de l'informatique pour la tenue de ces fichiers, leur mise à jour, l'exploitation des prélèvements effectués annuellement sur le centre et analysés en laboratoire.

La dispersion géographique des installations, la nécessité d'une exploitation très rapide et complète imposent d'imaginer un système qui permettrait de saisir les informations au niveau des détecteurs de rayonnement répartis sur le centre, dans les laboratoires centraux d'analyse et de mesure et de les répercuter, après traitement immédiat, aux agents de contrôle ou d'intervention intéressés. Ces agents pourraient également interroger les fichiers et disposer ainsi, même en dehors des heures ouvrables, des informations qui leur sont utiles et qui seraient ainsi actualisées en permanence depuis les installations*.

Le système à réaliser est donc un système en temps réel capable d'effectuer à la fois des travaux de gestion et la prise en charge et le traitement mathématique d'informations à caractère scientifique ou industriel.

Sur le centre de Saclay sont réparties, dans une trentaine de bâtiments, un total de 700 chaînes de mesure continue de l'irradiation externe et de la contamination auxquelles s'ajoutent quelques centaines de niveaux logiques correspondant à des états de ventilations, cuves d'effluents, détection d'incendie, etc. Les chaînes de mesure sont essentiellement composées d'amplificateurs à courant continu pour les chambres d'ionisation et d'ictomètres pour les détecteurs fournissant des impulsions, compteurs proportionnels ou Geiger-Müller et photomultiplicateurs. Afin d'assurer une grande dynamique de mesure, la réponse de ces appareils, mesurant le débit de dose ou la contamination, est généralement logarithmique avec possibilité de déclencher des signalisations et des alarmes pour des seuils d'irradiation et de contamination prédéterminés.

La réalisation, dans chaque bâtiment important, d'un tableau de contrôle des rayonnements (T.C.R.) où sont centralisés les électroniques et les enregistreurs liés aux détecteurs de rayonnement, les diverses signalisations, les verrouillages de sécurité a permis dans les années passées d'assurer une surveillance continue des installations. Cette idée, française à l'origine, a depuis été largement exploitée à l'étranger avec une évolution des électroniques de mesure et des transmissions.

L'expérience de ces dernières années a montré que la centralisation au niveau du bâtiment n'est plus suffisante et qu'il serait sans doute préférable de disposer d'informations au niveau du centre, informations qui seraient exploitées par une équipe d'intervention homogène au moins en dehors des heures ouvrables. Comme nous le verrons plus loin, il y a tout intérêt à confier cette centralisation à un calculateur numérique.

L'expérience a d'autre part conduit à observer que le débit de dose n'est pas l'élément fondamental des mesures de radioprotection. Il est indispensable de le considérer pour déclencher des alarmes mais la grandeur importante est l'équivalent de dose qui a pu être subi au cours d'une période de travail, qu'il s'agisse de la journée, du mois ou de l'année.

Le passage du débit de dose à la dose ou inversement, l'archivage et la publication des résultats pourront être aussi avantageusement confiés à un calculateur.

Dans la suite de ce rapport, nous allons donc envisager successivement les électroniques souhaitables pour connecter un détecteur à un calculateur, la

* En gestion intégrée, les fichiers constituent les dépôts des informations où chacune des fonctions organiques ou d'études dépose ou puise les éléments qu'elle peut fournir ou dont elle a besoin.

transmission des informations jusqu'au calculateur, la diffusion des messages de résultats et le traitement proprement dit.

II - ÉLECTRONIQUES A ASSOCIER AUX DÉTECTEURS EN VUE DE LEUR CONNEXION

2.1. L'ÉLECTRONIQUE ANALOGIQUE A RÉPONSE LOGARITHMIQUE DOIT-ELLE ÊTRE UTILISÉE POUR DE NOUVELLES INSTALLATIONS ?

Comme nous l'avons vu dans l'introduction, l'utilisation d'amplificateurs logarithmiques était jusqu'ici nécessaire pour assurer une dynamique de mesure suffisante pour suivre des phénomènes susceptibles d'évoluer dans de très larges proportions, typiquement la valeur retenue pour cette dynamique est de 6 décades.

Dans l'optique d'une gestion par ordinateur, une solution pourrait consister à installer un convertisseur analogique-binaire à la sortie de l'amplificateur logarithmique. Les valeurs ainsi obtenues seraient exponentiées pour être traitées en virgule flottante dans le calculateur.

Les électroniques centralisées imposent également le transport de signaux à bas niveau entre le détecteur et le T.C.R. Nous n'insisterons pas sur les difficultés rencontrées : affaiblissement du signal, influence des parasites recueillis par le coaxial de mesure ou même par les câbles servitudes... C'est ce que note très justement M. CHAVANCE [2] : « Lorsqu'on manipule des grandeurs analogiques, c'est-à-dire non exprimées par des nombres mais par des grandeurs physiques, on est dans le cadre d'études physiques : chaque manipulation comporte une détérioration partielle de la grandeur soit théorique (diminution du rapport signal/bruit), soit pratique (non-linéarités, comptages parasites, désadaptations, etc.). »

Pour recevoir du T.C.R. les signaux du détecteur et alimenter celui-ci en haute et basse tensions et différentes servitudes, il faut utiliser un câble de mesure comportant une dizaine de conducteurs. De même, le renvoi en local des diverses signalisations sonores et lumineuses implique le passage d'un câble de signalisation. La fourniture et l'installation de ces deux câbles sont coûteuses et peuvent être évaluées globalement à 30 F par mètre de ligne, ce qui implique pour une distance moyenne de 100 m, qui est tout à fait habituelle, une dépense de 3 000 F par voie installée. La fixation de ces câbles, quasiment définitive, n'est pas faite pour donner une grande souplesse à l'ensemble des électroniques constituant un T.C.R.

Conserver le type actuel d'électronique pour la réalisation de T.C.R. avec acquisition des données et traitement sur calculateur amènerait donc à augmenter brutalement le prix des T.C.R. d'un montant correspondant aux équipements nouveaux sans résoudre le problème du transport des signaux. Les interfaces et les multiplexeurs qui devraient être réalisés seraient par ailleurs tout à fait illogiques puisque leur but serait de faire une nouvelle conversion analogique-digitale. Les erreurs accumulées dans les différents étages seraient encore augmentées par ces dispositifs et par l'exponentiation nécessaire au passage

du logarithme à la mesure initiale ce qui provoquerait une charge supplémentaire du calculateur.

Le passage au logarithme n'étant pas nécessaire avec un calculateur qui peut normalement travailler en virgule flottante et couvrir une très large dynamique, il nous semble donc préférable de transporter les impulsions telles qu'elles peuvent être obtenues à la sortie des voies impulsionnelles, éventuellement après une division et des voies continues en les équipant d'un quantificateur de charges. Une fois résolu le problème de l'acquisition de ces impulsions, problème classique pour les utilisateurs d'ordinateur, on arrivera à une importante simplification des chaînes de mesure.

2.2. FONCTIONNEMENT DES DÉTECTEURS EN PRÉCOMPTE

Nous envisageons donc de charger un registre avec des impulsions obtenues à la sortie du détecteur ou après quantification de charge dans le cas d'une chambre d'ionisation et de sortir un signal vers le calculateur chaque fois qu'un certain nombre d'impulsions est atteint.

Le fait de travailler sur des impulsions qui correspondent chacune à un quantum d'équivalent de dose pour les photons ou les neutrons (par exemple 0,1 mrem) ou d'exposition à un aérosol ou un gaz radioactif (pour rester homogène 0,04 CMAh) implique bien sûr de n'avoir pas une alarme instantanée.

Il faut noter à ce propos que lorsque l'alarme est obtenue à partir du signal de sortie d'un icromètre banal elle n'est pas non plus immédiate; en dehors du temps de collage des relais, à chaque sensibilité, correspondent une constante de temps et une erreur liée à l'incertitude statistique sur le nombre des impulsions enregistrées.

TABLEAU 1
TEMPS DE RÉFÉRENCE CORRESPONDANT AUX DIFFÉRENTS
NIVEAUX D'ALARME

Dose élémentaire de 0,1 mrem Débit de dose mrem/h	Délai d'alarme secondes
2,5	144
10	36
200	1,8
1 000	0,36

Dans le cas d'un fonctionnement par comptage de quantum de dose élémentaire, le débit peut être évalué en comparant à un temps de référence les temps nécessaires pour atteindre ce quantum [3]. Le tableau 1 ci-dessus résume, pour quelques valeurs du débit de dose qui correspondent aux seuils d'alarme habituellement utilisés, les temps de référence pour des équivalents de dose élémentaires de 0,1 mrem.

Les erreurs statistiques sont ainsi réduites pour les faibles débits et les interruptions, dont la fréquence des mesures, sont multipliées lorsque le débit de dose augmente.

2.3. CHAMBRES D'IONISATION ET QUANTIFICATEURS DE CHARGE

Un quantificateur de charge, associé à une chambre d'ionisation, se compose essentiellement d'un condensateur recueillant les charges collectées, proportionnelles à la dose absorbée : la tension aux bornes de ce condensateur est lue par un amplificateur électrométrique qui actionne un discriminateur pour un seuil donné.

L'association d'un quantificateur de charges à une chambre d'ionisation correspond à une tendance générale qui se dégage des travaux effectués tant en France (DAM, SMRS, LCA) qu'à l'étranger (Allemagne Fédérale, Etats-Unis) et dans des organismes internationaux comme le CERN.

Les principales caractéristiques des appareils commercialisés dans ce but sont résumées dans le tableau II.

TABLEAU II

FABRICANT	CARACTÉRISTIQUES	LIEU D'UTILISATION
BEFIC	La capacité est déchargée en appliquant une tension positive sur la grille du tube électromètre ainsi rendu conducteur. Faible temps mort : 5 μ s. Quantum de dose 0,1 mrad pour une chambre de 15 l.	Laboratoire de l'Accélérateur Linéaire. Ecole Nationale Supérieure, Orsay.
IPDIC Nuclear Associates [4]	Un tube néon branché en parallèle sur la capacité la décharge lorsque la tension aux bornes atteint la valeur d'allumage. Temps mort 50 μ s.	Laboratoire National de Brookhaven.
D.I.B. S.E.I.N. [5]	Lorsque la tension est suffisante aux bornes de la capacité d'intégration un générateur calibré de charges opposées retire 720 pC à la charge de la capacité. Appareil sans temps mort. Quantum de dose 0,1 mrad avec chambre 20 l. Débit de dose maximal : 1 200 rad/h. L'appareil comprend les alimentations à partir de 200 V $\sim$ ou 28 V $\equiv$.	Centre d'expérimentations du Pacifique.

Tous ces appareils permettent l'envoi sur une paire téléphonique banale d'impulsions à haut niveau et d'une durée suffisante. Ceci permet d'avoir une légèreté des liaisons et une souplesse d'implantation très appréciables.

Les impulsions reçues par le calculateur permettent d'obtenir des messages ou des signalisations et l'archivage des résultats est possible sur une mémoire de masse externe.

2.4. TUBES COMPTEURS ET PHOTOMULTIPLICATEURS

Les détecteurs utilisés en radioprotection sont normalement conçus pour fonctionner avec des taux de comptage variant de 0,1 à 10^5 impulsions par seconde. Comme nous le verrons plus loin, transmettre toutes les impulsions vers le calculateur conduirait à des cadences de scrutation trop élevées et à une charge du calculateur trop importante; cela n'est pas absolument nécessaire pour assurer la sécurité.

Pour un enregistreur d'aérosols radioactifs courant, le quantum de contamination, égal à 0,04 CMAh, correspond typiquement à quelques milliers d'impulsions : on peut donc envisager de mettre, à la sortie du discriminateur, un diviseur par 1 000 qui jouera le rôle de quantificateur et de lisseur statistique. Des impulsions transmissibles sur une ligne téléphonique seront fabriquées à la sortie de ce registre. Les taux de comptage maximaux sur chaque voie sont alors ramenés à 100 Hz à la sortie du registre, c'est-à-dire à l'entrée du calculateur. Chaque voie est équipée d'un diviseur par n et a un taux de comptage maximal pratique de τ impulsions par seconde. La fréquence maximale pour cette voie est donc après le diviseur égale à τ/n .

Si $\frac{\tau}{n}$ est le même pour toutes les N voies du Centre, la fréquence de scrutation globale sera donnée par :

$$f_{Hz} = N \frac{\tau}{n}.$$

2.5. LES SIGNALISATIONS LOCALES ET LA BALISE AUTONOME RACCORDABLE

Les quantificateurs de charge proposés peuvent être reliés à un centralisateur par des liaisons très légères mais le problème se pose de savoir si les signalisations sonores et lumineuses qui doivent exister en local pour la sécurité immédiate des travailleurs devront être renvoyées du calculateur ou, au contraire, fabriquées sur place. Ceci conduirait à la notion de balise autonome, étalonnable en laboratoire, facilement interchangeable et connectable simplement à l'ensemble centralisateur calculateur.

Pour les quantificateurs de charge ou pour les voies impulsionsnelles si le circuit de seuil est après le diviseur, la méthode utilisée consistera, comme dans le calculateur, à comparer le temps séparant deux impulsions à des temps de référence, obtenus soit par circuit RC associé à un transistor unijonction soit par comptage des impulsions d'une horloge.

Pour les voies impulsionsnelles, il est également pensable de mettre derrière le discriminateur, en parallèle sur le diviseur par 1 000, un icromètre simple suivi d'un déclencheur à seuil classique.

III - SYSTÈME DE TRANSMISSION SYNCHRONE SUR RÉSEAUX EN BOUCLE

3.1. ACQUISITION DES INFORMATIONS DES BALISES

On peut envisager de transmettre les informations des voies de mesure au calculateur en « fil à fil ». Dans ce cas, l'unité de liaison placée au niveau du calculateur devra assurer le multiplexage.

Il paraît plus intéressant de transmettre en série sur une seule ligne un certain nombre de voies de mesure. Dans cette solution, la position des impulsions, par rapport à l'origine du temps, donne l'adresse de la voie, qui peut être également explicite.

Dans chaque bâtiment, les liaisons pourraient être fil à fil, du détecteur jusqu'à une unité d'échange local comprenant :

- un détecteur d'adresse;
- un décodeur partiel permettant d'interroger successivement chaque bascule à l'instant convenable dans chaque trame et de la remettre à zéro;
- une bascule supplémentaire pourrait être réservée au système de contrôle du bon fonctionnement du tableau de bâtiment et de ses organes annexes.

Deux systèmes nous ont été proposés l'un par L.T.T., le second par ALCA-TEL. Ils utilisent tous les deux une quarte téléphonique banale pour la transmission, une paire étant consacrée au transport de signaux d'horloge, la seconde à la transmission proprement dite des informations.

Dans le système L.T.T. [6], la présence d'un « 1 » sur une des bascules entraîne, à l'ouverture de la porte commandée par le compteur, le transfert de l'impulsion de synchronisation sur la paire réservée à la circulation des informations.

Le transfert des signaux d'horloge vers le tableau de bâtiment et le transfert des bascules information sur la paire « information » se feraient par l'intermédiaire de petits transformateurs, dont un enroulement, de résistance négligeable, serait mis en série dans la boucle. Le branchement d'un nouveau détecteur, une fois cette infrastructure mise en place, se réduirait à la connexion par des prises du commerce des équipements locaux sur les secondaires de ces transformateurs. Le signal d'horloge et l'information rigoureusement synchrone se déplacent donc sur 2 paires identiques appartenant à la même quarte, ce qui élimine les problèmes de correction de déphasages. Avec ce dispositif, 1 000 voies à prélever en 10 ms imposent une fréquence égale à 0,1 MHz.

ALCATEL propose d'utiliser le « dispositif de transmission série d'informations binaires » que cette société a développé [7]. Chaque unité d'échange local regroupe les balises par seize et les messages sont constitués de :

- 8 bits d'adresse du terminal interrogé;
- 16 bits d'information;
- 2 bits de fonction « début et fin de message » nécessaires au dispositif.

La fréquence de transmission prévue sur la boucle, dont la longueur est estimée à 15 km environ, serait réglée à 1 MHz pour 64 unités de 16 balises compte tenu du cycle d'interrogation réponse prévu.

Les deux systèmes se prêtent facilement à l'acquisition par l'unité de comptage d'un calculateur qui est averti qu'elle doit venir prélever une information et l'adresse de la voie interrogée.

Après le traitement en calculateur, des messages doivent pouvoir être renvoyés aux stations et nous devons également pouvoir acquérir des messages de télétypes utilisés en mode conversationnel et des informations correspondant au changement d'état de détecteur « tout ou rien » (alarme incendie, niveau des cuves d'effluents, ventilation défectueuse, etc.).

3.2. CALCULATEUR D'ACQUISITION ET DE RETRANSMISSION DES MESSAGES NUMÉRIQUES : « CARMEN »

3.2.1. *Adaptation de la transmission synchrone*

Nous avons pensé qu'un système de transmission analogue à celui décrit en 3.1. pourrait être adapté aux télécriteurs et à la transmission des états; la mise en forme des messages serait confiée à un petit calculateur, périphérique de l'installation de traitement proprement dite. Cet ensemble remplacerait les multiplexeurs télégraphiques habituels chargés de la concentration et de la diffusion des messages.

Le principal écueil rencontré dans l'optimisation d'un système de télétransmission géré par ordinateur est la disparité des vitesses entre les différents composants du système que nous allons examiner successivement :

— télécriteur émetteur avec composition manuelle

La vitesse de frappe admise est de l'ordre de 5 caractères par seconde. Pour permettre sans risque l'acquisition à une telle vitesse, il est nécessaire que le cycle de fonctionnement mécanique soit inférieur aux 200 millisecondes minimales pouvant séparer 2 frappes. La vitesse généralement admise est de 10 caractères et tout récemment de 20 caractères par seconde.

— télétransmission

La transmission série d'un caractère ISO à 8 moments nécessite 11 bits : 1 bit de début, 8 bits pour le caractère, 1 bit de parité, 1 bit de stop, ceci dans la convention ECMA. Ainsi, pour un télétype émetteur de 10 caractères par seconde, le débit sera de 110 bits par seconde soit 110 bauds et de 220 bauds pour la vitesse de 20 caractères par seconde.

— ordinateur

Pour les ordinateurs de la 3^e génération, les vitesses maximales d'acquisition sont de l'ordre de 200 000 octets par seconde (soit l'équivalent de 2 200 000 bauds) pour les petits ordinateurs, et de 1 000 000 octets/seconde (soit l'équivalent de 11.10⁶ bauds) pour les ordinateurs moyens.

On voit donc que, dans le cas de réseau privé de faible dimension fonctionnant à 100 000 bauds, les performances du réseau de télétransmission sont 1 000 fois supérieures à celles des télétypes et que l'ordinateur a un débit 10 fois supérieur à celui des lignes.

Pour pallier ces disparités, des mémoires tampon sont souvent utilisées, mais nous leur préférerons un système en boucle analogue à celui décrit ci-dessus en 3.1. Ce système permettra de transmettre les données de télétype et par bâtiment les niveaux logiques regroupés par 8, ce qui permet une transmission homogène par octet.

Au multiplexage classique, nous allons, dans cette perspective, chercher à substituer un repérage temporel permettant de situer un message en faisant correspondre à la position dans l'espace d'un émetteur, une position dans le temps par rapport à une origine connue.

Admettons la configuration d'un système de 100 télétypes pouvant fonctionner en émetteurs ou récepteurs et d'une vitesse de 20 caractères seconde. Dans le cas de la transmission L.T.T. le cycle complet se divisera en 2 trames, l'une

affectée à l'émission, l'autre à la réception. Chaque trame devra se subdiviser en 100 sous-trames constituant chacune le canal affecté à chaque télétype. L'ensemble comprendra donc 200 sous-trames de chacune 11 bits dans le cas d'une transmission ECMA soit en tout 2 200 bits. A chaque trame, un caractère de chaque télétype est pris en charge, au vol. Le caractère suivant, s'il est disponible sera transmis dans la trame suivante. Si l'on veut éviter toute attente, il sera nécessaire que le cycle complet corresponde à la vitesse limite des périphériques, soit dans notre exemple 20 cycles par seconde. Ceci conduit donc à une vitesse de l'ordre de 44 000 bauds. Nous voyons donc que nous sommes conduits, dans cet exemple, à des vitesses parfaitement admissibles avec les possibilités techniques actuelles dans le domaine des télétransmissions puisque des réalisations ont été faites à 10^6 bauds sur des distances de l'ordre de 2 km et sans régénération.

Dans le cas du dispositif ALCATEL, les octets sont transmis avec l'adresse du périphérique et vérification du message en retour.

3.2.2. *Fonctions de CARMEN*

Nous allons examiner maintenant, en détail, les fonctions à réaliser par CARMEN et les sujétions qu'elles imposent au point de vue dimensionnement et programmation de cet ordinateur ou partie d'ordinateur. Ces fonctions sont :

- la réception de messages en provenance d'un réseau de télétype et leur retransmission vers un ordinateur principal (CENTRAL), après contrôle de parité.
- l'émission de messages provenant du CENTRAL vers les télétypes.
- l'acquisition et la gestion des niveaux logiques d'alarme et de signalisation.

Les messages provenant du CENTRAL peuvent être de longueur variable. Afin de limiter le tampon affecté à chaque terminal dans la mémoire centrale de CARMEN, on admettra que le CENTRAL découpe son message pour le transmettre à CARMEN, en blocs de longueur fixe correspondant à la longueur du tampon optimal. A titre d'exemple, pour un ensemble de 32 terminaux, avec tampon de 32 caractères, l'encombrement en mémoire représente 1 024 octets.

Il n'appartiendra pas à CARMEN de contrôler le temps d'exécution mécanique des caractères tels que tabulation, retour chariot etc., dans le cas de machines à écrire électriques. En supposant que seuls des télétypes sont connectés, le seul caractère nécessitant un contrôle de temps d'exécution est le retour chariot exécuté en deux cycles : il suffira donc que le CENTRAL fasse suivre ce caractère d'un caractère inefficace.

Ces sujétions pourront être éventuellement allégées lors de l'analyse détaillée spécifique au type de calculateur choisi, dans la mesure où les temps d'occupation de CARMEN permettront de soulager la tâche du CENTRAL.

Nous avons envisagé le partage du cycle en deux trames pour l'émission et la réception des seuls télétypes, nous y ajouterons une troisième trame pour l'acquisition des niveaux logiques. Ce sont donc les opérations à réaliser par CARMEN pour ces trois trames que nous allons envisager successivement en supposant que nous trouvons dans 32 bâtiments un télétype émetteur (1 octet) - récepteur (1 octet) et 16 niveaux logiques de signalisation (2 octets), soit un cycle total de 100 ms.

3.2.2.1. Réception d'un message provenant d'un télétype

Chaque terminal étant systématiquement lu à chaque trame, pour un terminal n'émettant pas, CARMEN reçoit un blanc. C'est l'apparition d'un premier caractère valide qui l'informera donc d'un début d'émission par un terminal. Il commencera donc à charger le tampon propre au terminal avec les caractères valides (à l'exclusion des blancs) de chaque trame réception. Il reconnaîtra le caractère fin de message.

Lorsque CARMEN aura terminé le remplissage d'un tampon, il transmettra au CENTRAL le numéro du périphérique avec une demande de lecture, et il se mettra en liaison avec lui pour la sortie d'un bloc. A la réception de l'indicatif, le CENTRAL assurera la lecture du bloc transmis par CARMEN. Toute émission de message par le périphérique sera, si la sécurité ne s'y oppose pas, prioritaire vis-à-vis d'une demande d'émission du CENTRAL. Celui-ci devra donc connaître l'état de chaque périphérique :

- libre;
- en émission;
- en réception.

L'antagonisme entre une demande d'émission du CENTRAL et une du périphérique ne peut donc se présenter que pendant la constitution du premier tampon réception par CARMEN, le changement d'état du périphérique n'ayant pas encore été signalé au CENTRAL. C'est le seul cas où CARMEN refusera un message venant du CENTRAL.

3.2.2.2. Emission d'un message du CENTRAL vers un télétype

Préalablement à l'envoi d'un message, le CENTRAL transmettra à CARMEN le numéro du périphérique sur lequel il désire émettre. CARMEN répondra par oui ou par non suivant que le périphérique est libre ou pas.

Si le périphérique est libre, CARMEN se mettra en liaison avec le CENTRAL pour la lecture d'un bloc. A la réception de l'autorisation, le CENTRAL lancera l'ordre de sortie du bloc.

Lorsque le bloc aura été chargé dans CARMEN, celui-ci procèdera à l'émission caractère par caractère dans chaque trame émission. Il testera le caractère fin de message. A la fin de l'émission du bloc, s'il n'y a pas eu de fin de message, il renverra au CENTRAL le numéro du périphérique l'autorisant ainsi à transmettre le bloc suivant.

Avant l'émission de la trame, CARMEN placera dans celle-ci, aux emplacements correspondants aux adresses des périphériques, les caractères courants à émettre pour chacun d'eux. A l'interruption de début d'émission, il se mettra en liaison avec la télétransmission pour la sortie d'un bloc correspondant à une trame. CARMEN comptabilisera, pour chaque terminal, le nombre de caractères émis afin de pouvoir éventuellement alerter le CENTRAL à la fin d'émission des blocs.

3.2.2.3. Acquisition des niveaux logiques

La gestion de ces niveaux ne nécessite que de comparer l'état présent à l'état précédent. Pour ce faire, il suffit donc de prévoir, dans la mémoire de CARMEN, un double tampon l'un contenant le dernier état connu, l'autre l'état précédent

et de les comparer. L'information unitaire est le bit, toutefois la comparaison peut être effectuée en plusieurs stades :

- comparaison d'un mot (1, 2 ou 4 octets). Si les 2 mots sont identiques, c'est qu'aucun des bits les composant n'a changé d'état;
- si la comparaison des mots est différente de zéro, on identifie les bits incriminés par normalisation ou décalage.

Ces opérations étant simples et rapides (500 niveaux logiques sont représentés par 63 octets) pourront être faites par CARMEN, le CENTRAL n'étant alerté que lors des changements d'état. L'information pourra être communiquée au CENTRAL sous la forme de 2 octets, l'un donnant l'adresse de l'octet-information dans l'ensemble, l'autre la configuration du ou des bits ayant changé d'état dans l'octet (résultat du OU exclusif de la comparaison). Ces informations pourraient être regroupées pour une même trame afin de faire l'objet d'un transfert bloc vers le CENTRAL.

Le réseau transmission géré par CARMEN peut être, avant toute installation plus importante, un réseau de téléalarme du CEN-S.

3.2.3. *Traitement dans CARMEN*

Pour toutes les opérations mettant en jeu des organes externes (télétransmission ou CENTRAL), CARMEN est alerté par des interruptions. Pour les opérations de traitement interne, seuls sont à considérer comme impératifs dans l'ordre de prise en charge des travaux, les différents niveaux de priorité.

De ce point de vue, on peut considérer 3 niveaux :

- Impératif : les lancements des transferts de la télétransmission doivent intervenir immédiatement lors des interruptions de début de trame. Le temps libre, qui sera fonction de la logique détaillée de la liaison, sera de l'ordre d'une fraction de milliseconde.
- Urgent : les vidages des tampons périphériques en entrée et le traitement des niveaux logiques doivent être effectués avant la prochaine trame réception (environ 25 ms).
- Indifférent : le chargement des tampons émissions en provenance du CENTRAL pouvant être différé sans inconvénient.

Les principales parties du système seraient donc :

- un programme de gestion des interruptions chargé de l'identification des interruptions;
- un moniteur gérant 2 listes d'attente :
 - l'une concernant les traitements impératifs;
 - l'autre les traitements urgents (chargés en début de liste) ou indifférents (chargés en fin de liste).
- des programmes spécifiques propres à chaque étape du traitement.

A chaque stade du traitement, à la rencontre de conditions particulières (interruptions, fin de bloc, etc.) on chargera les listes d'attente selon les cas. A la fin de l'exécution de chaque programme, on reviendra au moniteur qui assurera l'enchaînement des opérations en fonction des urgences.

L'analyse détaillée montre qu'un calculateur ayant une mémoire interne limitée à 4 kilooctets, voire 8 kilooctets pour autoriser les extensions, est adéquat. Pour un petit calculateur PDP8, 10010 ou 520.I., le temps d'occupation représente 30 à 40 % du temps d'horloge. Si l'analyse fine confirme ce pourcentage d'occupation, CARMEN pourra prendre à sa charge certaines analyses du contenu des messages.

IV - STRUCTURE GÉNÉRALE DU SYSTÈME

4.1. LES FONCTIONS À RÉALISER PAR LE CENTRAL

4.1.1. *Acquisition*

La première fonction concerne l'entrée en mémoire des comptages des voies de mesure et nous avons vu que les cadences maximales après quantification ou lissage correspondent à 10 impulsions par seconde sur chaque voie. Pour 700 voies si le maximum était atteint partout, ce qui est difficilement imaginable, 70 000 impulsions devront être entrées par seconde.

Dans le cas des voies impulsionsnelles, une impulsion provenant du lisseur statistique peut ne pas correspondre au quantum, celui-ci dépend en effet de la C.M.A. du contaminant considéré. Dans le cas où l'identification n'est pas faite, la C.M.A. considérée pour le déclenchement des alarmes est celle du contaminant le plus dangereux existant dans le laboratoire. Il semble donc logique que l'ensemble d'acquisition se conduise comme un filtre ne transmettant à l'organe de traitement que la quantité minimale d'informations nécessaires aux calculs. Cette fonction d'acquisition n'est pas à assurer par l'unité centrale mais plutôt par un petit calculateur spécialisé ou par un bloc de mémoire externe comme celui associé au calculateur 10 020 de C.I.I. Cette fonction Acquisition et Centralisation des Mesures sera dans la suite du texte appelée « ACME ».

Tous les petits calculateurs de la troisième génération permettent l'entrée directe en mémoire.

- 10010 de la C.I.I.,
- PDP8 L de DIGITAL,
- 520 I. de VARIAN,
- bloc de mémoire externe 10 020.

Le principe en est le suivant :

A chaque adresse d'une ligne de mesures est affecté un mot machine dans lequel se fait le comptage du nombre d'impulsions. Lorsqu'une impulsion apparaît sur un détecteur, le mot correspondant à cette adresse est automatiquement appelé, incrémenté et rangé à nouveau en mémoire.

Cette opération est directement effectuée par le circuit de contrôle de l'ordinateur sans intervention du Software. Suivant les constructeurs, cette opération est effectuée, soit à la fin de l'instruction en cours, soit « par vol de cycle ».

Dans le premier cas, le temps maximal pouvant séparer deux acquisitions est évidemment le temps d'exécution de l'opération la plus longue, celle-ci étant généralement l'opération de décalage, dont le temps d'exécution peut atteindre

15 μ s. Dans ce cas, on ne peut gérer plus de 600 lignes environ si la période sur chaque ligne est de 10 ms.

Dans le cas de système par « vol de cycle », lorsqu'une impulsion à compter se présente sur une ligne, on n'attend plus la fin d'exécution d'une instruction complète, mais seulement la fin du cycle mineur en cours, celui-ci étant de l'ordre de 1,5 μ s. Dans ce cas, quelle que soit la nature des instructions en cours d'exécution, l'attente maximale ne dépasse pas 4,5 μ s environ, en tenant compte du temps d'appel et d'incrémentement de la mémoire.

On voit donc qu'avec une telle solution on pourrait éventuellement envisager la connexion de 2 000 lignes de mesures à chaque ordinateur.

L'ordinateur 10020 de la C.I.I. peut réaliser cette fonction par « vol de cycle » comme le PDP8 ou le 520. On voit donc qu'avec ce système ne nécessitant qu'une ligne de télétransmission pour l'ensemble de toutes les voies gérées, on peut envisager de connecter le nombre maximal de voies, le prix du matériel étant indépendant de ce nombre, seule rentre en ligne de compte la charge en temps du calculateur. Dans tous les cas, cette charge représente environ 4 à 4,5 μ s pour chaque acquisition.

Dans le cas limite de 1 000 voies, en supposant que toutes les voies débitent à la cadence maximale de 100 000 impulsions par seconde (soit 100 impulsions par seconde après le diviseur), le temps d'acquisition représenterait donc une charge voisine de 50 % du temps pour l'ACME, ceci étant toutefois un cas limite très peu probable.

Dans le cas d'un ordinateur 10 020 de la C.I.I., on peut prévoir des ensembles de mémoire indépendants de l'unité centrale et ayant leur propre circuit de contrôle. Dans ce cas, le temps d'acquisition n'intervient plus qu'au niveau du bloc de mémoire concerné, le traitement de l'unité centrale se poursuivant sans aucune attente.

4.1.2. *Traitement*

Pour remplir la mission définie au paragraphe 1.2., le système doit assurer la gestion des informations suivantes, classées par priorité décroissante :

- mesures de détecteurs de rayonnement en vue des alarmes;
- contrôles de sécurité par niveaux logiques;
- mise à jour et interrogations des fichiers : données de base, locaux, sources, etc.
- exploitation des résultats des laboratoires d'analyse et des détecteurs.

Ces procédures doivent être hiérarchisées afin que le système soit constamment en mesure de traiter un incident éventuel intéressant une ou plusieurs voies.

En règle générale, un programme considéré comme prioritaire a intérêt à ne pas être interruptible. Il doit être aussi court que possible afin de pouvoir traiter tous les événements qui se présentent.

Les informations à sortir pour les détecteurs de rayonnement à partir des détecteurs comprendraient en 1^{re} urgence les passages de seuils et les variations brusques du débit.

Dans certains locaux, le débit de dose atteint normalement des valeurs élevées (par exemple 10 rad/h) pendant le fonctionnement de l'installation; un passage de seuil est sans signification mais l'utilisateur souhaite suivre l'évolution du phénomène.

Les valeurs normales seraient affichées par l'utilisateur, par exemple tous les matins. Si la valeur normale a été fixée à 1 rad/h, un message pourrait être imprimé chaque fois qu'on aurait une augmentation de 30 %, c'est-à-dire successivement pour :

- 1,3 rad/h,
- 1,7 rad/h,
- 2,2 rad/h,
- etc.,

avec pour chacune de ces valeurs l'instant du passage.

Cette méthode qui correspond à une cinquantaine d'indications pour une variation d'un facteur 10^5 permet de suivre le développement d'un incident qui évolue par exemple pour les réacteurs dans des temps compris entre quelques minutes et une heure.

Le traitement détaillé des mesures des détecteurs d'aérosols radioactifs sur filtre mobile ou fixe a été étudié par ailleurs [9].

Comme nous l'avons vu en 3.2.2.3., la surveillance des contrôles de sécurité par niveaux logiques est effectuée par CARMEN qui détecte les changements d'état. Ces changements d'état feront l'objet d'une émission de message vers les télétypes intéressés et d'un archivage éventuel, par l'intermédiaire du CEN-TRAL, sur la mémoire de masse.

Le traitement des incidents implique la consultation de fichiers qui sont utiles pour l'exploitation des comptages α , β , γ , de prélèvements de toutes sortes, qui sont au nombre de 4 000 par mois au CEN-S. Les résultats bruts seront envoyés sous forme de messages depuis les télétypes, via CARMEN, et ces messages sont à l'heure actuelle étudiés en vue d'être traités avant la fin du premier semestre 1969 en temps différé au Centre de calcul du Département de calcul Electronique.

De la même façon commencent à être traités, en temps différé, les fichiers locaux et sources qui seront progressivement intégrés au système.

4.2. ARCHITECTURE DU SYSTÈME

4.2.1. Unité centrale

En résumé, l'unité de traitement aurait comme caractéristiques principales :

- volume d'informations « entrée » relativement faible grâce au filtrage effectué par l'unité d'acquisition ACME et par CARMEN;
- vitesse de traitement suffisamment rapide pour assurer la disponibilité requise par les procédures exceptionnelles en cas d'incident.

Il apparaît que cette fonction peut être assurée pour une très grande zone à condition que l'ordinateur ait une vitesse de fonctionnement suffisamment grande.

4.2.2. Mémoires de masse

Chaque passage d'un quantum de dose donne lieu à un enregistrement sur disque magnétique afin de permettre de reconstituer en temps réel l'évolution des phénomènes dans la période qui précède un incident. Il est en effet nécessaire

de pouvoir accéder rapidement aux dernières mesures faites, ce qui implique une mémoire à accès rapide étant donné le nombre important de voies à gérer. L'unité de disque recevrait également les fichiers utiles à la radioprotection et à l'exploitation des résultats de laboratoire, fichiers qu'il est justifié de consulter de façon sélective.

Pour le stockage définitif des résultats qui n'auront plus à être utilisés en temps réel, on utiliserait la bande magnétique sur laquelle on déposerait pour chaque voie :

- la dose cumulée;
- les passages de seuils;
- les valeurs moyennes du débit avec une indication sur les fluctuations de ce débit (de l'ordre d'une valeur par heure) pour permettre une exploitation statistique ultérieure.

4.2.3. *Interconnexions - ordre de mise en place*

La figure 1 représente la physionomie générale du système.

Les liaisons de l'ACME et de CARMEN vers l'extérieur ont été détaillées plus haut. La liaison ACME-CENTRAL est, dans le cas du 10 020, une liaison interne à ce calculateur.

La liaison CARMEN-CENTRAL doit être très simple, les deux calculateurs étant au voisinage immédiat l'un de l'autre, et le transit global étant au maximum d'environ 1 000 caractères par seconde, les possibilités des ordinateurs actuels étant supérieures de deux ordres de grandeur.

La mise en place se ferait progressivement et nous distinguerions les phases suivantes :

- installation du réseau de télétransmission géré par CARMEN. Ce réseau serait alors utilisé comme réseau de téléalarme du CEN-S.
- installation du CENTRAL avec ACME et boucle d'acquisition des informations des détecteurs.
- raccordement au CENTRAL de voies de mesures impulsionnelles existantes en vue de mettre au point les programmes et de vérifier les procédures. Sur les voies en service, nous utiliserions les sorties d'impulsions existant dans tous les appareils après l'étape de discrimination mise en forme, l'adaptation se réduisant à l'installation d'un diviseur. Durant cette phase, ancienne et nouvelle exploitations coexistent.
- enfin remplacement des électroniques hors d'usage par un nouveau matériel simplifié qui aurait ainsi le temps d'être étudié et industrialisé dans de bonnes conditions. Ces installations qui devraient commencer fin 1970 ou début 1971 porteraient sur les tableaux anciens, spécialement celui des Installations de Haute Activité d'abord, du Département des Radioéléments ensuite (fig. 2).

L'intégration des opérations effectuées en temps différé (gestion de fichiers divers et résultats de laboratoire) aurait également lieu progressivement après la mise en place du CENTRAL.

CONCLUSION

Le système proposé devrait permettre d'accroître, de façon très sensible, l'efficacité du S.P.R. en améliorant la souplesse et en réduisant le prix des installations de contrôle centralisées, en augmentant la précision des mesures et en conduisant à une plus grande standardisation du matériel. Des tâches fastidieuses de recopie et de calcul difficilement contrôlables et qui, faites à la main, impliquent des approximations plus ou moins justifiées seraient éliminées, soulageant d'autant les agents S.P.R. qui pourront se consacrer mieux à l'examen des expérimentations et à des contrôles en profondeur. L'exploitation statistique des informations ainsi recueillies en sera grandement facilitée.

Au niveau des permanences en dehors des horaires normaux, le système devrait permettre de substituer à des agents éparpillés dans quelques bâtiments jugés les plus importants, une équipe homogène assurant la permanence avec la certitude d'être constamment renseignée sur la totalité du Centre.

La mise en place d'un tel système, ou peut-être d'un réseau d'ordinateurs interconnectés [9] pour la gestion des services généraux, devrait en même temps servir à promouvoir l'amélioration des méthodes administratives et les échanges de données entre services généraux, de telle sorte que ces échanges n'impliquent pas de recopies inutiles qui sont souvent génératrices d'erreurs et toujours de pertes de temps et d'énergie.

Pour reprendre une formulation de M. BOURGEOIS, professeur à H.E.C. [10], nous pourrions dire que :

« Toutes les données, quels que soient leur nature et leur usage, sont introduites dans un même système qui présente de moins en moins de discontinuité. Si bien que l'on saisit désormais les données les plus élémentaires possibles, que celles-ci ne sont entrées qu'une seule fois dans le système, en des points les plus proches possibles de leurs sources, et que toutes les exploitations successives et/ou simultanées en sont faites sans sortie intermédiaire du système. Les sorties intermédiaires sur des supports informatiques matérialisés (cartes, rubans perforés) sont elles-mêmes de plus en plus exclues.

« De même toutes les informations résultant des traitements effectués à partir de certaines de ces données, quelles que soient leur nature, leur structure et leur estimation, sont produites par le même système et diffusées par ce système sur les supports appropriés en des points des plus proches possibles de leur usage.

« Le système informatique effectue l'ensemble des opérations de saisie, de collecte, de transmission, de traitement et de diffusion entre des émetteurs de données numériques et des récepteurs d'informations multiples.

« Un tel système peut néanmoins comporter des unités de traitement multiples et même dispersées; dans la mesure où celles-ci sont interconnectées, l'ensemble des opérations du système qui les comprend doit être coordonné automatiquement.

« Un tel système n'est pas nécessairement soumis à une responsabilité centralisatrice exclusive; de multiples responsables peuvent y susciter des opérations interrogations de fichiers (partage de temps) successives ou simultanées, par des commandes à distance.

« Un système informatique, ainsi établi, n'est pas seulement à considérer comme un outil de gestion; il s'intéresse aussi aux informations banales et assure la production administrative; il offre également aux scientifiques et aux techniciens ses capacités de calcul, de transmission et de stockage; il assure éventuellement la commande des processus physiques de production. »

Le système a été conçu pour utiliser au maximum du matériel standard en vue de réduire les études au minimum. Sa réalisation conduira cependant à un ensemble de télétransmission original qui sera aisément transposable à d'autres activités impliquant l'acquisition de données en temps réel, quel que soit l'objet de l'entreprise qui l'adopterait.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Arrêté du Ministre des Affaires Sociales du 24 avril 1968 (*J.O.* du 8-6-1968). Octroi au C.E.A. de dérogations à certaines dispositions du décret du 15 mars 1967 relatif à la protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants (décret publié au *J.O.* du 22 mars 1967).
- [2] CHAVANCE, P. Préface à l'ouvrage de R. LYON-CAEN. *Les circuits logiques intégrés*, Masson, 1968.
- [3] TARDY-JOUBERT, Ph. Mesure simultanée des doses et des intensités d'irradiation. 1^{er} colloque international sur la protection auprès des accélérateurs, Orsay-Saclay, janvier 1962. C.R. Presses Universitaires de France, p. 133.
- [4] NUCLEAR ASSOCIATES (Integrating Pulse Discharge Ionisation Chamber). Brevet US 3.177.363. C. Distenfeld et Coll. N.I.M. 49 (1967), p. 309-315.
- [5] GOUPIL, J., HERBIN, C. Etude et utilisation d'un dosimètre intégrateur. Colloque d'Electronique Nucléaire et de Radioprotection. Toulouse, mars 1968, tome II.
- [6] TAMBUTTE, H. Transmission de données sur réseaux en boucle. Colloque International sur la Téléinformatique, Paris 1969, tome II, Edition Chiron.
- [7] ALCATEL. Utilisation de la transmission série d'informations binaires pour la télécommande et dans les systèmes d'acquisition de données. Note technique n° 352 69 009 14, février 1969.
- [8] LEBOULEUX, Ph. Projet d'exploitation en temps réel de détecteurs de contamination atmosphérique. Communication privée.
- [9] DEBRAINE, P. Rapport C.E.A. R. 3588 (1968).
- [10] BOURGEOIS, M. La Gestion intégrée. *Bulletin de la Société Royale Belge des Ingénieurs et Industriels*, n° 11, 1968, p. 429-436.

LE CONTRÔLE DES RAYONNEMENTS, EN SERVICE AU CENTRE

DE SACLAY

Décembre 1968