

Acquisition de données
sur cassettes à bande magnétique

par

P. Bréonce, P. Carré, L. Lafaye, F. Lesueur et C. Veyradier

Depuis plusieurs années, le laboratoire de mesure des radionucléides et le laboratoire de mesures neutroniques sont équipés d'échelles de comptage dont le contenu est enregistré sur imprimante. Ce dispositif, identique pour les deux laboratoires, a été décrit antérieurement⁽¹⁾.

En 1977, il a été complété par un système d'acquisition sur bande magnétique. Celui-ci est composé de deux éléments : une unité AS 100 (Automatismes et Systèmes, Arcueil, France), équipée d'un lecteur-enregistreur de cassettes (Philips), et un circuit d'adaptation ou interface. Ce dernier élément, disposé entre le circuit de commande d'impression et l'unité AS 100 (*fig. 1*), est décrit dans la première partie de ce Rapport. La seconde partie décrit sommairement le traitement des données enregistrées sur cassettes.

I. - ACQUISITION DES DONNÉES : INTERFACE

1. *Remarques préliminaires*

L'enregistrement sur cassettes est réalisé simultanément avec l'enregistrement sur imprimante. Le circuit de commande d'impression génère les séquences de signaux qui permettent le transfert en série vers l'imprimante des caractères contenus dans les registres associés aux échelles de comptage. Les mêmes signaux sont utilisés pour le transfert de ces mêmes caractères vers l'unité d'enregistrement, à travers l'interface. Cela explique la simplicité de cette dernière. Le transfert vers l'unité d'enregistrement ayant lieu en parallèle, l'interface se borne pratiquement à effectuer une conversion série-parallèle et à générer un ordre d'acquisition au moment convenable. Ce circuit permet aussi de transmettre à l'unité d'enregistrement des caractères composés manuellement à l'aide de clés.

Pour la description du circuit, on se réfère aux figures 2

(1) Description de l'ensemble N° 3 de comptage par coïncidences $4\pi\beta(\text{CP})-\gamma$ utilisé au BIPM, par P. Bréonce, A. Rytz et C. Veyradier (Rapport BIPM-75/2, septembre 1975, 43 pages et *Recueil de Travaux du BIPM*, 5, 1975-1976 (article 24)).

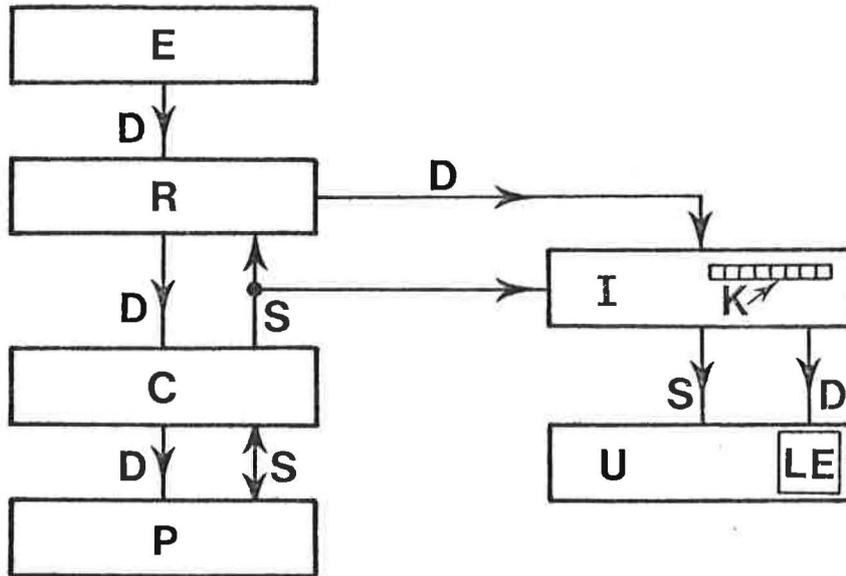


Fig. 1. - Interconnexions entre les éléments du système d'acquisition de données sur cassettes.

E, échelles de comptage ; R, registres ; C, circuit de commande de l'imprimante ; P, imprimante ; I, interface avec clés K (composition manuelle de données) ; U, unité d'enregistrement équipée du lecteur-enregistreur de cassettes LE ; D, transfert des données ; S, signaux de commande et de synchronisation.

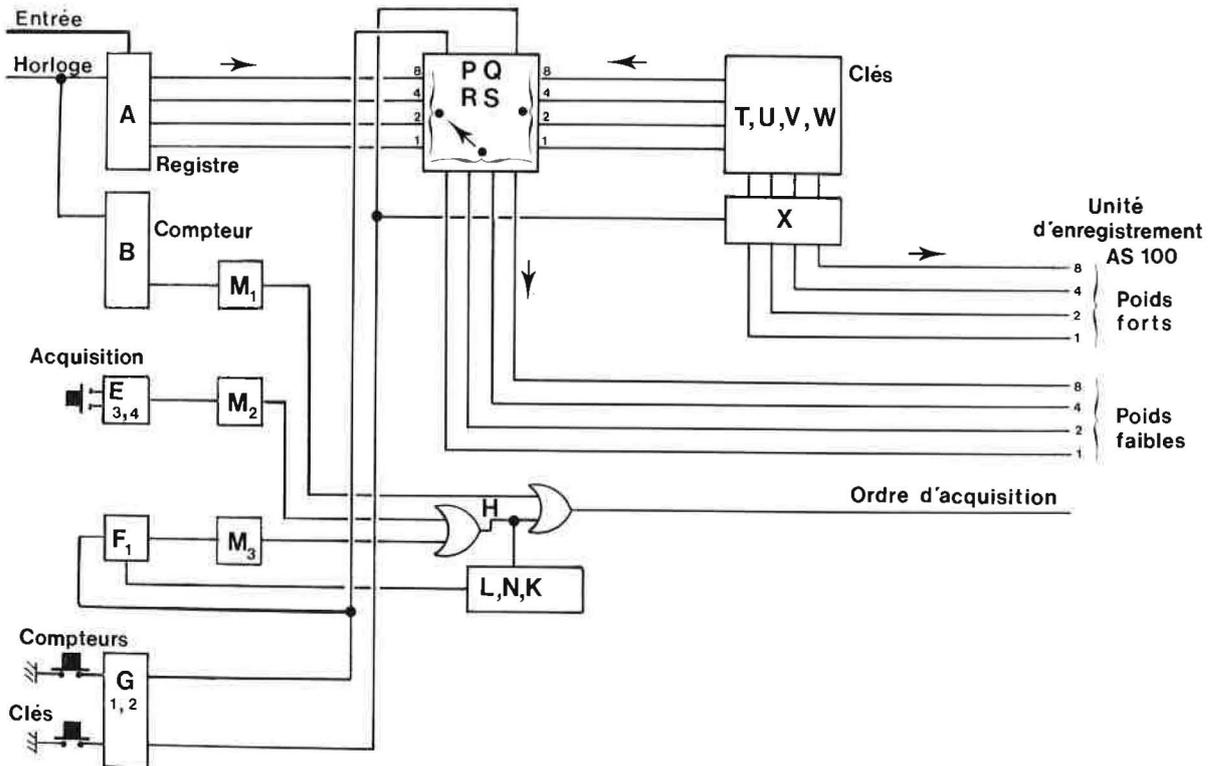


Fig. 2.- Acquisition de données sur cassettes, schéma synoptique de l'interface.

ou 3. Les circuits intégrés utilisés sont repérés par les mêmes lettres sur les deux figures.

Dans le texte, on désigne, par exemple, par J_3 la porte 3 du circuit J et par $E_{(1-2)}$ le bistable constitué des portes 1 et 2 du circuit E.

2. Fonctionnement

a) *Principe.* - L'unité AS 100 prend en compte l'état logique des huit fils "poids faibles" et "poids forts", état que l'on représente habituellement par deux caractères hexadécimaux (c'est-à-dire éléments de $\{0, 1, 2, \dots, 9, A, B, C, D, E, F\}$), à l'instant où lui est donné un ordre d'acquisition.

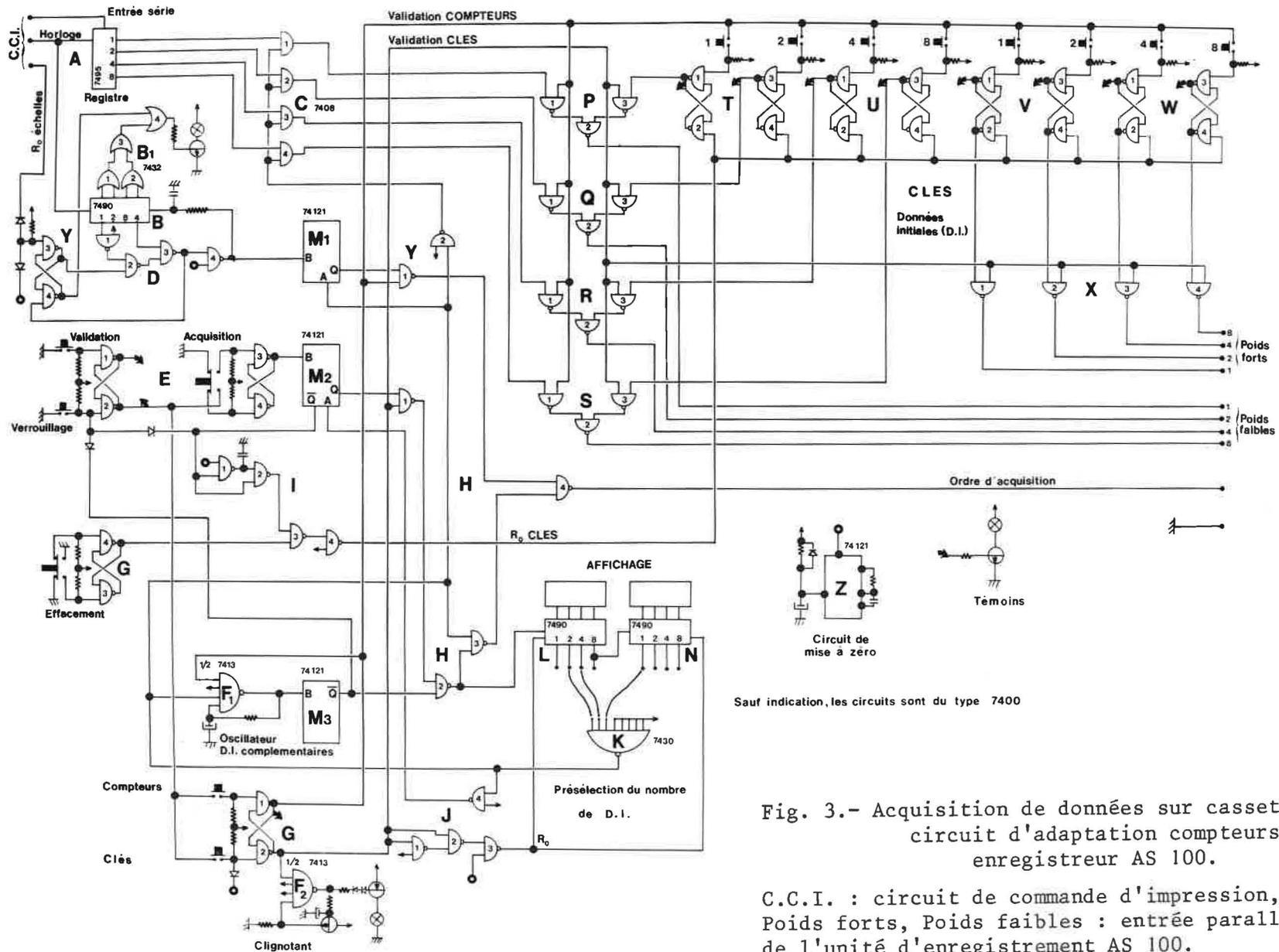
Les caractères que l'on désire enregistrer sont :

- soit ceux qui représentent le contenu des échelles de comptage,
- soit des caractères composés à l'aide des clés et qui sont utilisés pour l'identification des séries de mesures.

L'inverseur PQRS (*fig. 2*), commandé par le bistable $G_{(1-2)}$, permet de présenter les uns ou les autres à l'entrée de l'unité AS 100.

b) *Fonction "clés".* - L'action sur le poussoir "clés" positionne le bistable $G_{(1-2)}$ de façon que la sortie de G_2 passe au niveau logique 1. La transition de 0 à 1 a pour effet de mettre à zéro les compteurs L et N. L'état 1 valide la porte H_1 , les portes P_3, Q_3, R_3, S_3 , ainsi que les portes du circuit X. L'état 0 en sortie de G_1 inhibe Y_1, P_1, Q_1, R_1 et S_1 et rend actifs les huit poussoirs associés aux huit bistables (circuits T, U, V et W). L'ensemble d'un poussoir et de son bistable constitue une clé. Dans la situation ci-dessus, l'état de chaque clé (1 si on a actionné le poussoir, 0 dans le cas contraire) est disponible à l'entrée de l'unité AS 100. Par contre, on ignore les états des sorties parallèles du registre à décalage A, et on évite, quoi qu'il arrive, qu'un ordre d'acquisition ne soit fourni par le monostable M_1 .

Il est donc possible de composer simultanément deux caractères hexadécimaux à l'aide des clés. Pour que l'octet ainsi constitué soit pris en compte, il faut en donner l'ordre, ce qui se fait en actionnant le poussoir "acquisition". Le monostable M_2 fournit une impulsion qui atteint la sortie de H_4 en même temps qu'elle est comptée par les circuits L et N. On compose et on enregistre ainsi autant de caractères qu'il en faut pour identifier une série de mesures. Ces caractères constituent les données initiales. On a limité à 16 (mais ce nombre pourrait très aisément être modifié) le nombre d'ordres d'acquisition que l'on peut fournir par l'intermédiaire de M_2 . Si ce nombre est atteint, le circuit K inhibe M_2 et le poussoir "acquisition" devient inopérant. La porte H_3 est également inhibée et désormais les ordres d'acquisition ne peuvent provenir que de M_1 , à condition toutefois que Y_1 soit validée ; cela se produit lorsqu'on passe en fonction "compteurs" par action sur le poussoir correspondant.



Sauf indication, les circuits sont du type 7400

Fig. 3.- Acquisition de données sur cassettes, circuit d'adaptation compteurs-enregistreur AS 100.

C.C.I. : circuit de commande d'impression, Poids forts, Poids faibles : entrée parallèle de l'unité d'enregistrement AS 100.

Si, au cours de l'enregistrement des données initiales, on a donné moins de 16 ordres d'acquisition, le complément à 16 est donné automatiquement à ce moment-là par l'oscillateur F_1 . Les octets correspondants sont des F_0 .

c) *Fonction "compteurs"*. - Quand on est prêt à enregistrer le contenu des échelles de comptage, on actionne le poussoir "compteurs". Il s'ensuit que la sortie de G_1 prend l'état logique 1, ce qui a pour effet :

- d'autoriser le fonctionnement de l'oscillateur F_1 , dans le cas où le nombre d'octets de données initiales composés aux clés est inférieur à 16 (sinon, F_1 est bloqué par le circuit K),
- de valider Y_1, P_1, Q_1, R_1, S_1 ,
- de rendre inopérants les poussoirs des clés.

Comme simultanément la sortie de G_2 prend l'état 0, on inhibe H_1, P_3, Q_3, S_3 et, par l'intermédiaire du circuit X, on positionne à 1 les quatre fils "poids forts" (caractère F).

Tant que le nombre d'octets de données initiales est inférieur à 16, l'action conjuguée des circuits K, Y_2 et C fait que les quatre fils "poids faibles" sont à l'état 0 (caractère 0).

Quand le nombre 16 est atteint, ces fils prennent l'état du registre A. On se trouve dans la situation décrite ci-dessus en b), à savoir que les ordres d'acquisition ne peuvent émaner que des monostables M_1 . L'unité AS 100 va enregistrer des octets de la forme F_x . Cette forme permet de distinguer ces données des données initiales, pour lesquelles on a convenu de ne représenter que des chiffres décimaux.

D'autre part, on fait en sorte que les x soient les chiffres contenus dans les échelles de comptage.

Le circuit de commande d'impression fournit les impulsions d'horloge nécessaires au transfert en série des informations contenues dans les registres associés aux échelles de comptage ; ce transfert se fait vers l'entrée du registre à décalage A. Le circuit B compte les impulsions d'horloge. Sous réserve de certaines conditions, satisfaites grâce au circuit de commande d'impression, un chiffre (codé en binaire) est correctement positionné dans le registre A chaque fois que B a compté quatre impulsions d'horloge. Alors, B se remet à zéro et M_1 génère un ordre d'acquisition. B compte quatre nouvelles impulsions, un nouvel octet est enregistré par l'unité AS 100, et ainsi de suite jusqu'à épuisement du contenu des échelles de comptage.

En pratique, le contenu de n compteurs à 7 chiffres, est imprimé sur n lignes suivies par une ligne blanche. Celle-ci est due à l'envoi vers l'imprimante, par le circuit d'impression, de 7 codes F. L'interface génère donc $7 \times (n + 1)$ octets, transmis à l'unité AS 100 : $7 \times n$ octets du type F_x ($0 \leq x \leq 9$) et 7 octets FF.

Il est possible d'enregistrer sur la même cassette plusieurs séries de mesures. Pour que l'on puisse les distinguer les unes

des autres, il faut que chacune soit identifiée. On a la possibilité, après l'enregistrement d'une série, de positionner à nouveau le circuit en fonction "clés" et de composer un nouvel identificateur qui sera reconnu, à la lecture, par le fait que les octets qui le constituent ne sont pas de la forme Fx .

3. Compléments

Dans ce qui précède, on a volontairement ignoré certains des circuits de la figure 3. Nous allons maintenant examiner leur rôle.

Circuit Z.- Il s'agit d'un monostable d'initialisation qui produit une impulsion quelques millisecondes après la mise sous tension de l'appareil.

Cette impulsion a pour effet :

- de positionner convenablement le bistable $Y_{(3-4)}$,
- de mettre à zéro les compteurs B, L et N ainsi que les clés.

Circuit B₁.- En observation sur cinq points, il commande l'allumage d'un voyant dans le cas anormal où l'un de ces points ne serait pas au niveau 0 avant un enregistrement.

Bistable $Y_{(3-4)}$.- Associé aux portes D_1 et D_2 , il permet d'effectuer une présélection à 5, puis à 4, sur le compteur B. Ce point est imposé par le fait que la première impulsion d'horloge d'une séquence ne provoque pas de décalage sur les registres (voir la référence ⁽¹⁾).

Bistable $E_{(1-2)}$.- Pour éviter autant que possible les fausses manoeuvres qui risquent de rendre difficile, voire impossible, l'exploitation des données enregistrées sur une cassette, on a pris quelques précautions. L'une d'elles consiste à rendre inefficaces les poussoirs "acquisition", "compteurs" et "clés" en mettant le bistable $E_{(1-2)}$ en position "verrouillage" ; cela se fait automatiquement quand on a provoqué manuellement un ordre d'acquisition et lorsqu'on passe en fonction "compteurs" (liaisons par diodes sur l'entrée de E_2).

Ainsi, on ne peut pas générer manuellement plusieurs ordres d'acquisition pour le même octet composé à l'aide des clés ; on ne peut pas non plus en générer un, accidentellement, pendant que l'on est en fonction "compteurs". La génération de l'ordre d'acquisition pour un nouvel octet, de même que le changement de fonction, doivent être précédés de l'action volontaire sur le poussoir "validation".

Circuit F2.- Cet oscillateur, de fréquence voisine de 1 Hz, produit le clignotement d'un voyant lorsque l'appareil est en fonction "clés". Cela réduit le risque d'oubli de changement de fonction.

Bistable $G_{(3-4)}$.- Il permet la remise à zéro des clés.

Portes I_1 et I_2 .- Elles produisent une impulsion synchrone

du front arrière de celle qui est générée par M_2 . Cette impulsion remet les clés à zéro dès que l'octet est enregistré.

Affichage. - Le contenu des compteurs L et N, qui contrôlent le nombre de données initiales, est affiché en clair ; cela aide l'opérateur à savoir à quel point il en est dans la composition de ces données et lui permet de s'assurer que le nombre de 16 octets de données initiales a bien été présenté à l'entrée de l'unité AS 100 lorsqu'on est passé en fonction "compteurs".

*

Les deux exemplaires de l'appareil décrit ci-dessus ont été mis en service l'un en mars 1977 (Radionucléides) et l'autre en mai (Mesures neutroniques).

II. - TRAITEMENT

Depuis mars 1974, l'ordinateur du BIPM est équipé d'un lecteur-enregistreur de cassettes à bande magnétique utilisable comme unité périphérique (2). Il est ainsi possible d'exploiter directement les données enregistrées dans diverses installations de mesure et en particulier dans celles dont il est question dans la première partie de ce Rapport.

Les unités d'enregistrement AS 100 groupent les données en blocs de 256 octets dont elles assurent l'enregistrement après les avoir complétés par quatre octets de contrôle : l'un au début du bloc et trois à la fin. La qualité de l'enregistrement est vérifiée grâce à une lecture simultanée. En cas d'anomalie, le bloc est automatiquement effacé et réenregistré. En fin d'acquisition, une commande manuelle déclenche, s'il y a lieu, l'enregistrement d'un bloc incomplet (avec ses quatre octets de contrôle) et, de toute façon, l'enregistrement d'une "fin de fichier", c'est-à-dire l'effacement de la bande sur une certaine longueur.

Le sous-programme utilisé ici pour la commande du lecteur-enregistreur connecté à l'ordinateur ne comporte que les fonctions nécessaires à la lecture. Il assure le transfert du contenu de chaque bloc vers une zone de 128 mots (de 16 bits) de la mémoire centrale de l'ordinateur. Il décèle éventuellement les blocs incomplets et les "fins de fichier". Il vérifie les quatre octets de contrôle. En cas d'anomalie, détectée par le sous-programme ou par l'interface, on peut tenter de relire le bloc. (Si un bloc se révélait inexploitable, on devrait recourir aux données enregistrées par l'imprimante).

L'exploitation des octets rangés dans la mémoire de l'ordinateur est effectuée au moyen de deux pointeurs : un pointeur d'octet qui désigne alternativement l'octet de droite et l'octet

(2) Interface pour la connexion d'un lecteur-enregistreur de cassettes à bande magnétique à l'ordinateur IBM 1130 du BIPM, par F. Lesueur et P. Carré (Rapport BIPM-75/8, septembre 1975, 15 pages).

de gauche d'un mot, et un pointeur de mot initialisé pour pointer le premier mot de la zone et qui progresse chaque fois que le pointeur d'octet revient désigner l'octet de droite.

Les 16 premiers octets d'une série représentent 32 chiffres décimaux codés en binaire. Seuls, les 2 p premiers sont significatifs ; on les obtient à partir des p premiers octets par séparation de chacun en deux groupes de 4 bits. Les 16- p octets suivants sont ignorés. La valeur de p dépend de l'application.

Les autres octets représentent, par groupes de 7, les indications des compteurs, enregistrées en commençant par le chiffre des unités. Soit $Fx_0, Fx_1, Fx_2, \dots, Fx_6$ un tel groupe d'octets correspondant aux *chiffres* x_0 (unités), x_1 (dizaines), x_2 (centaines), \dots, x_6 (millions). Le nombre affiché par le compteur est aisément reconstitué en calculant

$$((((x_6 \times 10 + x_5) \times 10 + x_4) \times 10 + x_3) \times 10 + x_2) \times 10 + x_1) \times 10 + x_0.$$

Si n est le nombre de compteurs dont les indications sont enregistrées, on doit rencontrer, après chaque ensemble de 7 n octets, un groupe de 7 octets FF correspondant à la ligne laissée blanche par l'imprimante. On soumet ce groupe au même algorithme de calcul que les précédents ; on doit obtenir (puisque c'est la valeur 15 qui est, par convention, représentée par F) :
 $(((((15 \times 10 + 15) \times 10 + 15 = 16\ 666\ 665,$
ce qu'il est aisé de vérifier. Toute anomalie interrompt le traitement de la série.

Lorsque le nombre d'octets exploités est égal au nombre d'octets lus, deux cas peuvent se présenter :

- si ce nombre est 256, le bloc exploité est complet, le programme commande la lecture d'un autre bloc et réinitialise le pointeur de mot ;
- si ce nombre est inférieur à 256, le bloc est incomplet ; dans ce cas, de même que dans le cas où on a rencontré la "fin de fichier", il n'y a pas d'autre enregistrement utilisable sur la cassette et tous les octets significatifs ont été transformés en données numériques.

*

Donnons maintenant quelques détails supplémentaires pour deux applications.

1. *Mesure des radionucléides par la méthode des coïncidences*

Dans cette application, les données initiales qui précèdent chaque série de mesures comportent 2 $p = 18$ chiffres, composés manuellement par l'opérateur. Ces données sont considérées comme un identificateur de série. Elles comprennent le numéro de la source (8 chiffres), la date (6 chiffres) et l'heure (4 chiffres) du début de la série de mesures. D'une part, elles permettent d'identifier sans confusion possible la série de données à traiter et, d'autre part, elles sont imprimées lors de la sortie des résultats après traitement.

Les données fixes nécessaires au traitement des données expérimentales de chaque série (c'est-à-dire : le mouvement propre de chacune des voies β , γ et coïncidences, les temps morts, le temps de résolution, la nature et la période du radionucléide),

la masse de solution déposée, le facteur de dilution, la date de référence et l'intervalle de temps qui sépare celle-ci de la date des mesures) sont fournies par cartes perforées, de même que l'identificateur de la série. Le programme de traitement compare cet identificateur à celui qui est enregistré sur la bande magnétique ; s'il y a concordance, le traitement des données est effectué. La non-concordance peut provenir de plusieurs causes :

a) Erreur lors de la composition manuelle des données à enregistrer sur la bande : une action de l'opérateur permet au programme d'effectuer néanmoins le traitement des données en conservant l'identificateur fourni sur carte.

b) Erreur lors de la perforation de l'identificateur sur carte : on corrige la carte et la suite des opérations se déroule normalement.

c) L'identificateur fourni par carte est celui d'une série de mesures enregistrée sur la bande magnétique au-delà de la série en cours de lecture : une action de l'opérateur permet au programme de contrôler les différents identificateurs de la bande jusqu'à l'obtention de la concordance.

Les mesures sont constituées chacune de $n = 4$ nombres de 7 chiffres : ce sont les indications des compteurs qui donnent l'un la durée de mesure (valable pour toute la série) et les trois autres les nombres d'impulsions enregistrées sur chacune des voies β , γ et coïncidences. La durée d'une mesure est essentiellement variable selon la source étudiée (100 s à 2 000 s), de même que la durée totale d'une série (1 à 15 h) ; typiquement, une série comporte de 10 à 20 mesures, c'est-à-dire autant de groupes de 4 nombres.

Jusqu'à maintenant, il n'a pas été jugé nécessaire de pouvoir modifier le temps de mesure au cours d'une même série, sauvegarder sur cartes perforées les données lues sur la bande magnétique et les résultats du traitement ni utiliser une cassette "suite".

En revanche, le mode opératoire adopté permet d'enregistrer sur une même cassette les données de plusieurs séries de mesures consécutives, en général de sources différentes. Lorsque la cassette est lue, le programme reconnaît la fin de chaque série à l'apparition, après un ensemble de 28 octets du type Fx et 7 octets FF , d'un octet qui n'est pas du type Fx : c'est le premier octet des données initiales de la série suivante. Naturellement, la fin de la dernière série est marquée par un bloc incomplet ou par une "fin de fichier".

2. Mesure des sources de neutrons par la méthode du bain de manganèse

Cette application concerne en fait deux méthodes différentes : la méthode de circulation (croissance puis éventuellement décroissance de l'activité) et la méthode de décroissance de l'activité.

Un programme (programme de lecture) lit sur cartes perforées les constantes relatives à l'expérience (temps mort, mouvement

propre, période ...). Il lit la cassette et peut ainsi calculer la durée écoulée entre l'instant initial et le début de chaque comptage ; il transfère ces constantes, ces durées et les autres données de la cassette sur un fichier du disque magnétique de l'ordinateur. Les données ainsi disponibles seront exploitées par divers programmes spécifiques.

Les données initiales comportent $2 p = 10$ chiffres (dans le cas de la décroissance de l'activité) ou $2 p = 12$ chiffres (dans le cas de la croissance). Elles comprennent la date (6 chiffres) et l'heure (4 chiffres) du début de la série de mesures et éventuellement la durée de circulation (2 chiffres). Le début de la série de mesures (instant initial) est l'instant où l'on a retiré la source de neutrons de la solution de sulfate de manganèse (méthode de décroissance) ou bien l'instant où on l'y a mise (croissance). Ces données initiales sont considérées comme un identificateur de série. Le 11^e et le 12^e chiffre constituent aussi une donnée numérique.

Les mesures sont constituées chacune de $n = 3$ nombres de 7 chiffres qui représentent la durée de la mesure, le comptage pendant celle-ci et le nombre d'impulsions du débimètre. La durée d'une mesure varie de 15 min à 1 h, la durée totale d'une série peut atteindre 24 h (décroissance) ou 48 h (croissance) ; une série peut comporter jusqu'à 120 mesures (c'est-à-dire 120 groupes de 3 nombres).

Le programme de lecture décèle les dernières données de la cassette (bloc incomplet ou "fin de fichier"). A ce moment, une action de l'opérateur indique au programme s'il y a ou non d'autres données à prendre en compte sur une cassette "suite". Cette possibilité permet de faire un premier traitement au moyen des données enregistrées sur une cassette que, sans interrompre le déroulement de la mesure, on a retirée de l'enregistreur et remplacée par une autre. Le traitement global concernera naturellement toutes les cassettes utilisées pour une même série.

Trois programmes spécifiques de traitement ont été établis. Le premier traite les données relatives à la croissance de l'activité (méthode de circulation) ; le second traite les données relatives à la décroissance ; le troisième calcule le mouvement propre pendant l'expérience et remplace par la valeur trouvée celle qui figurait dans le fichier du disque.

Nous avons profité de l'écriture de ces programmes pour les rendre d'un emploi plus facile et plus souple que les anciens. Ainsi, il est très aisé maintenant de faire traiter seulement les mesures que l'on désire : on donne sur cartes perforées le numéro d'ordre de la première mesure et celui de la dernière ainsi que les numéros d'ordre des mesures qui sont incluses dans le domaine ainsi défini mais que l'on désire éliminer à cause d'incidents mécaniques ou électroniques, ou de l'arrêt volontaire de la pompe de circulation et du mélangeur pendant la nuit.

Outre ces données, le troisième programme de traitement exige la valeur moyenne du comptage ramenée à la saturation, valeur calculée par le second programme. Elle est fournie par carte perforée. Pour les trois programmes, on doit aussi donner le titre

de la manipulation, qui sera imprimé, et l'identificateur de série qui est comparé à celui qui est sur le fichier du disque. Leur concordance est nécessaire pour que le traitement soit effectué.

Enfin, un dernier programme permet de sauvegarder sur cartes perforées le contenu du fichier et, si nécessaire, de recharger le fichier avec le contenu de ces cartes.

*
* *

Pour ces deux applications, après plusieurs mois de mise en oeuvre, l'enregistrement de données sur cassettes à bande magnétique donne satisfaction aux utilisateurs, tant pour ce qui concerne l'interface et l'unité d'enregistrement que pour le traitement des données.

(Septembre 1977)
