

FR 820 1640

LYCEN/8145



MODULE DE DECISION LOGIQUE PROGRAMME

N. MADJAR, C. PASTOR, B. CHAMBON, A. DAUCHY*, D. DRAIN,
A. GIORNI*

Institut de Physique Nucléaire (et IN2P3), Université Claude Bernard Lyon-I,
43, Bd du 11 Novembre 1918, 69622 VILLEURBANNE Cedex (France)

* Institut des Sciences Nucléaires (et IN2P3),
53, Avenue des Martyrs, 38026 GRENOBLE Cedex (France)

Abstract :

A decision unit has been built to simplify the electronic logic set-up in multi-detectors experiments. This unit, designed with fast memories used as decision making tables, replaces conventional logic modules. Nine inputs are provided for receiving the fast detector signals (charged particles, gammas, neutrons, ...). Fifteen independent outputs allow the identification of the choosen events among the 2^9 possible events. A CAMAC interface between the unit and the computer, or a manual control auxiliary module, is used to load, in the memory, the pattern of the choosen events.

✓

Résumé :

Un module de décision logique a été construit en vue de simplifier l'électronique logique utilisée dans les expériences mettant en jeu un grand nombre de détecteurs. La conception du module est basée sur l'utilisation de mémoires à accès rapide travaillant en table de décision. Ce module comporte 9 voies d'entrées pouvant être attaquées par les sorties rapides de 9 détecteurs (particule, gamma, neutron, ...) et 15 sorties correspondant chacune au marquage d'un des événements retenus parmi les 2^9 possibles. Le choix des événements retenus et de leur marquage peut se faire à tout instant grâce, soit à l'interface CAMAC reliée au calculateur, soit au module auxiliaire de contrôle.

1. Introduction

Dans les expériences de physique nucléaire comportant plusieurs détecteurs travaillant en coïncidence, il est nécessaire de faire un tri et un marquage des informations reçues, avant l'acquisition en ligne. Si un nombre restreint de types de coïncidences est suffisant pour définir le phénomène étudié, l'emploi de circuits logiques traditionnels reste la solution la plus aisée et la moins onéreuse. En revanche, la mise en œuvre d'une telle électronique devient lourde et onéreuse si le nombre de détecteurs et le nombre de types de coïncidences sont importants.

Nous décrivons dans cet article, un module de décision logique programmé (MDLP) qui permet, grâce à l'utilisation de tables de décision, de simplifier considérablement l'électronique logique.

Le principe et la réalisation de tels modules ont déjà été proposés [1, 3] pour les expériences en physique des hautes énergies, mais ces réalisations ne répondaient pas nécessairement aux besoins des expérimentateurs travaillant avec des détecteurs variés : particule chargée, gamma, neutron, ...

Le module décrit ici permet :

- de choisir un certain nombre de types d'évènements, parmi tous les évènements possibles, le temps de décision pouvant être réduit à 40 ns. Il est prévu que certains signaux d'entrée puissent être retardés (temps de vol), la décision n'intervenant alors qu'au bout d'un certain temps fixé par l'utilisateur

- le marquage des évènements retenus : 15 sorties indépendantes autorisent le marquage de 15 types d'évènements différents.

Il offre en outre, une grande souplesse d'utilisation puisque l'on peut, à chaque instant, modifier les critères de discrimination soit manuellement, soit par programmation grâce à une interface CAMAC.

2. Principe de fonctionnement

Soient N détecteurs délivrant des signaux rapides qui sont envoyés sur les N entrées du module ($N = 9$ pour 1 module). Ces signaux sont, ou ne sont pas en coïncidence avec un signal de validation généré à partir de l'expérience. On associe au signal logique délivré par chaque détecteur un poids binaire. Tous les poids binaires sont regroupés dans un mot binaire qui permet de connaître, à un instant donné par le signal de validation, l'état de l'ensemble des détecteurs. Ce mot caractérise un événement (le nombre d'événements différents possibles étant 2^N) et permet l'adressage d'une mémoire de $2^N \times M$ bits (M étant le nombre de bits du contenu des adresses). Chaque adresse correspond à un des événements possibles. Parmi ces événements possibles, seuls certains intéressent le physicien : ce sont les événements retenus; nous marquerons donc ces différents types d'événements retenus en chargeant les adresses correspondantes d'une valeur identifiant cet événement (marquage). La lecture de la mémoire permet de savoir si l'événement est un événement retenu et de disposer, dans ce cas, d'un signal de marquage qui le caractérise. Plusieurs adresses peuvent éventuellement contenir le même marquage; dès lors, il est possible de regrouper différents événements retenus selon certains critères (exemple : ensemble des coïncidences doubles, ensemble des coïncidences triples, et...).

2.1 Présentation du module

Le Module de Décision Logique Programmé (MDLP) est bâti autour d'une mémoire ECL 10K de 512×4 bits dont le temps d'accès est de 25 nanosecondes. Pour des raisons d'encombrement, le format de marquage est limité à 4 bits. Cette configuration permet la classification des événements retenus en 15 catégories.

La figure 1 représente le schéma de principe du module. L'adressage de la mémoire est fait par un registre intermédiaire qui mémorise les états des détecteurs. Cette mémorisation est engendrée par un signal de validation, moniteur de l'expérience. Ce même signal déclenche un circuit d'horloge qui gère la séquence d'adressage et de lecture de la mémoire.

Le contenu de la mémoire adressée est converti de binaire en décimal. L'information d'identification est transmise vers l'une des 15 sorties de marquage.

Un circuit de contrôle regroupe les fonctions d'initialisation, d'écriture et de lecture de la mémoire. Ces fonctions peuvent être émises par deux sources différentes :

- le calculateur, par l'intermédiaire de l'interface CAMAC
- le Module Auxiliaire de Contrôle (MAC), relié au MDLP par connexion externe.

Les entrées et sorties du module sont au standard NIM.

Le module fonctionne selon 3 modes :

- a) le mode rapide
- b) le mode retardé
- c) le mode mixte.

Chacune des neuf voies d'entrée peut être considérée comme rapide ou retardée grâce à un commutateur

2.2 Mode rapide

La figure 2 montre un exemple de fonctionnement pour 2 voies de détection. Deux signaux e_1 et e_2 sont délivrés respectivement par les détecteurs E_1 et E_2 . Ces signaux, pour être mémorisés dans le registre intermédiaire, doivent être en temps avec le signal de validation externe V_E (V_E doit "encadrer" les signaux e_1 et e_2).

Si l'évènement ($e_1 \wedge e_2$) est prévu dans la table de décision (évènement retenu), un signal d'identification I , correspondant au marquage de ce type d'évènement, est délivré 25 nanosecondes après la fin du signal de validation.

2.3 Mode retardé

La figure 3 montre un exemple de fonctionnement pour 2 voies de détection. Deux signaux e_1 et e_2 sont délivrés respectivement par les détec-

teurs E_1 et E_2 . Ces signaux sont en retard (par exemple temps de vol) par rapport au signal de validation V_E . Un signal de validation interne V_I de durée réglable est généré à partir du signal de validation externe V_E . Les signaux e_1 et e_2 sont mémorisés pendant la durée de V_I . Si l'évènement ($e_1 \wedge e_2$) est prévu dans la table de décision, un signal d'identification I correspondant à ce type d'évènement, est délivré avec un retard supplémentaire (par rapport au mode rapide) égal au temps de validation interne V_I .

2.4 Mode mixte

La figure 4 montre un exemple de fonctionnement pour 3 voies de détection. Trois signaux e_1 , e_2 et e_3 sont délivrés respectivement par les détecteurs E_1 , E_2 et E_3 .

Les voies assignées aux signaux des détecteurs E_1 et E_2 opèrent dans le mode rapide : e_1 et e_2 doivent être en coïncidence avec un signal de validation externe V_E .

Par contre, la voie attribuée au signal du détecteur E_3 opère dans le mode retardé : e_3 peut avoir un retard variable par rapport au signal de validation externe V_E , il est validé par un signal de validation interne V_I . Les signaux e_1 et e_2 sont mémorisés pendant V_I . Si l'évènement ($e_1 \wedge e_2 \wedge e_3$) correspond à un type d'évènement prévu dans la table de décision, un signal d'identification I est délivré avec un retard supplémentaire (par rapport au mode rapide) égal au temps de validation interne V_I .

3. Description

Le MDLP est composé de 2 parties :

- la première partie, conçue dans la technologie ECL 10K, est l'ensemble de décision proprement dit
- la seconde partie est constituée par les fonctions de contrôle (CAMAC, module auxiliaire).

3.1 Ensemble de décision

Il comprend le registre intermédiaire, les mémoires, le décodage et le circuit d'horloge.

La figure 5 représente le schéma-bloc de cet ensemble. Les signaux d'adressage provenant des détecteurs et le signal de validation externe V_E sont appliqués aux entrées correspondantes du module. Ces signaux sont convertis du standard NIM aux niveaux logiques ECL.

Le signal de validation déclenche le circuit d'horloge. Pendant la durée de ce signal, les états des détecteurs sont mémorisés dans le registre intermédiaire.

Le circuit d'horloge gère la séquence de lecture et de décodage des informations contenues dans la mémoire adressée. Le circuit d'horloge délivre la validation sur les voies prédéterminées et introduit l'inhibition des entrées pendant la durée du processus d'identification. Après décodage, les signaux sont convertis dans le standard NIM et transmis aux sorties correspondantes.

3.2 Fonctions de contrôle

L'initialisation, le chargement et la vérification des mémoires constituent les fonctions de contrôle du MDLP. Ces fonctions peuvent être activées selon 2 modes.

Le premier mode utilise les facilités qu'offre l'interface CAMAC relié au calculateur. Ce mode utilise les fonctions CAMAC de "mise en/hors service" (F24/F28), de "lecture-écriture" (F0, F16, F17), d' "initialisation" (F25), et de "contrôle de status" (F8).

Le second mode implique l'utilisation d'un "Module Auxiliaire de Contrôle" (MAC). Ce module utilise le standard mécanique CAMAC et permet le contrôle de 2 modules MDLP par interconnexions des faces arrières. Les fonctions d'initialisation, de lecture et écriture des mémoires sont exécutées normalement. Tous les éléments nécessaires aux commandes et données de contrôle sont disposés en face avant du MAC (initialisation, présélection des

adresses et contenus des mémoires, visualisation des contenus des mémoires, chargement, ...).

La figure 6 représente le schéma-bloc de principe de l'ensemble des fonctions de contrôle.

- L'initialisation est l'opération préliminaire indispensable avant le chargement des mémoires. Elle consiste essentiellement en la génération séquentielle de toutes les adresses de la mémoire avec remise à zéro du contenu de chacune d'elles. Pour des raisons évidentes, cette fonction d'initialisation est incorporée dans le MDLP.

- Afin de permettre l'adressage des mémoires par l'intermédiaire du CAMAC, un registre d'adresses est inclu dans le module.

Lorsqu'il s'agit d'écrire une valeur à une adresse prédéterminée, un multiplexeur se charge d'aiguiller vers la mémoire l'information délivrée par le CAMAC ou le MAC.

Le contenu d'une adresse sélectionnée est transmis vers les circuits de contrôle du mode choisi.

Les opérations de contrôle ne peuvent s'effectuer que lorsque le MDLP est mis "hors service" soit manuellement, soit par le CAMAC (FLY). De plus, les opérations de contrôle exécutées par le CAMAC sont prioritaires sur celles engendrées par le module auxiliaire de contrôle.

4. Utilisation dans les expériences de physique nucléaire

Dans l'étude des mécanismes d'interactions induites par des ions lourds, il est important de connaître les caractéristiques de l'émission des particules légères émises lors de ces réactions. Ce module nous a permis d'étudier l'émission des ions lourds voisins de l'éjectile et des neutrons associés. Nous donnons ici l'exemple de la réaction $^{48}\text{Ti} + ^{18}\text{O}$ à 120 MeV. La détection des fragments légers (des α aux Ne) se fait grâce à un télescope composé de deux détecteurs ΔE (19 μm et 25 μm) et d'un détecteur E de 1500 μm . Ce tritétlescope permet la séparation en Z et en A jusqu'à l'oxygène. La

détection des neutrons se fait au moyen de 5 détecteurs à scintillateur liquide Ne 213 par une méthode de temps de vol (longueur de la base de vol ≈ 80 cm). Les impulsions rapides délivrées par les discriminateurs à fraction constante provenant de ΔE_1 , ΔE_2 , E sont envoyées sur les entrées 1, 2 et 3 du MDLP, les signaux provenant des détecteurs neutrons sur les entrées 4 à 8. L'impulsion de ΔE_2 génère le signal de validation V_E . Les 3 impulsions ΔE_1 , ΔE_2 , E sont mises en temps, c'est-à-dire qu'elles arrivent toutes dans le temps correspondant à la largeur de la validation (≈ 10 ns). Les entrées 4 à 8 ont été sélectionnées comme voies retardées et la largeur du signal V_1 est réglée à 200 ns (nécessaire pour avoir les coïncidences vraies et fortuites). Les 13 voies analogiques : ΔE_1 , ΔE_2 , E, $5 \times$ CTA ($\Delta E_2 - N_1$), $5 \times$ discriminateurs (neutron-gamma), sont envoyées sur la bande magnétique d'acquisition, par l'intermédiaire des codeurs analogiques-digitaux.

4.1 Types d'évènements sélectionnés

a) Ions lourds détectés en libre

Nous avons choisi trois types d'évènements :

- coïncidence $\Delta E_1 - \Delta E_2$ ($E = 0$ arrêt dans ΔE_2)
- coïncidence $\Delta E_2 - E$ ($\Delta E_1 = 0$ perte d'énergie très faible dans ΔE_1)
- coïncidence $\Delta E_1 - \Delta E_2 - E$

Nous avons chargé dans les mémoires les contenus suivants :

Evènement	Adresse	Contenu (marquage)
$\Delta E_1 \wedge \Delta E_2$	3	1
$\Delta E_2 \wedge E$	6	2
$\Delta E_1 \wedge \Delta E_2 \wedge E$	7	3

Pour chaque évènement retenu, la sortie marquage correspondante délivrera un signal qui sera envoyé par l'intermédiaire du système d'ac-

quisition en ligne, sur la bande magnétique qui reçoit les informations provenant des codeurs analogiques digitaux.

Lors du traitement, il est donc possible de sélectionner un type d'évènement, en plaçant une fenêtre sur la voie "marquage".

b) Ions lourds détectés en coïncidence avec un neutron

Le tableau ci-dessous donne les différents types d'évènements et leur marquage. Les entrées 1, 2 et 3 sont excitées à l'intérieur de V_E suivant les combinaisons a) et les entrées 4 et 8 sont excitées à l'intérieur de V_I .

Le nombre de marquages (maximum 15) étant insuffisant pour caractériser individuellement chaque évènement, il a été nécessaire d'affecter les mêmes marquages 4, 5, 6 pour tous les détecteurs neutrons, la distinction, lors du traitement se faisant grâce aux voies analogiques CTA.

Evènement	Adresse					Contenu (marquage)
	i=1	2	3	4	5	
$\Delta E_1 \wedge \Delta E_2 \wedge N_i$	11	19	35	67	131	4
$\Delta E_2 \wedge E \wedge N_i$	14	22	38	70	134	5
$\Delta E_1 \wedge \Delta E_2 \wedge E \wedge N_i$	15	23	39	71	135	6

c) Ions lourds en coïncidence avec plusieurs neutrons

Ce sont des évènements du type a) associés à un évènement $N_i \wedge N_j$ ou $N_i \wedge N_j \wedge N_k$ etc ... Les marquages 7, 8, 9 correspondent à deux neutrons en coïncidence; 10, 11, 12 à trois neutrons etc ...

4.2 Résultats

Nous montrons, sur la figure 7, les spectres en énergie obtenus par le traitement des voies analogiques, avec des conditions différentes sur les

voies "marquage". Les spectres biparamétriques représentent ΔE_1 , en fonction de $\Delta E_2 + E$. Les spectres simples sont les spectres $\Delta E_1 + \Delta E_2 + E$.

La figure 7a montre les courbes $Z = \text{cste}$ ($Z = 2$ jusqu'à $Z = 10$). Ce spectre biparamétrique est relatif aux événements du type a du § 4-1 (marquages 1, 2 ou 3). On remarque, pour la courbe $Z = 8$, l'importance du pic correspondant à l' ^{18}O diffusé (voir aussi la figure a'). Les figures b, b' représentent ces mêmes spectres pour les événements du type b (marquage 4, 5 ou 6). On constate la disparition presque totale du pic élastique.

Les figures c, c' correspondent aux seuls événements $\Delta E_1 \wedge \Delta E_2 \wedge N_i$ (marquage 4), pour lesquels aucune particule détectée par le télescope ne traverse ΔE_2 . Ce qui explique que les spectres soient tronqués à partir d'une énergie qui dépend du Z de l'ion détecté.

5. Conclusion

Nous avons décrit un exemple d'utilisation avec un détecteur de particules chargées constitué d'un télescope à 3 détecteurs et 5 détecteurs neutrons. Le MDLP est utilisable avec tout autre détecteur fournissant une impulsion rapide et l'utilisation de plusieurs MDLP couplés permet d'augmenter considérablement le nombre de détecteurs. On peut alors, en sélectionnant les coïncidences double, triple, quadruple, etc... effectuer des mesures de multiplicité et obtenir les différents moments de la distribution.

Ce module de décision logique programmé présente une très grande souplesse d'utilisation grâce à sa versatilité et au grand nombre de configurations autorisées sans modification électronique. Cette possibilité d'acquérir un grand nombre d'événements et de les marquer demanderait une électronique logique conventionnelle extrêmement lourde.

REFERENCES

- [1] C. Verkerk,
Special purpose processors for high energy physics applications,
IXth International Symposium on Nuclear Electronics, Varna, May 5-9,
1977.
- [2] A. Fucci et al.,
A new fast and programmable trigger logic,
Nucl. Inst. Meth. 147 (1977) 587.
- [3] E.D. Platner et al. ,
Programmable combinational logic trigger system for high-energy
particles experiments,
Nucl. Inst. Meth. 140 (1977) 549.

LEGENDE DES FIGURES

- Figure 1 : Schéma de principe du MDLP
- Figure 2 : Fonctionnement en mode rapide
- Figure 3 : Fonctionnement en mode retardé
- Figure 4 : Fonctionnement en mode mixte
- Figure 5 : Schéma-bloc du MDLP
- Figure 6 : Schéma de principe de l'ensemble des fonctions de contrôle
- Figure 7 : Spectres biparamétriques $\Delta E_1 = f(\Delta E_2 + E)$ obtenus avec différents choix de marquage :

- a) sans condition de coïncidence neutron
- b) avec condition de coïncidence neutron
- c) comme b) avec, en plus, la condition : arrêt dans le détecteur ΔE_2 .

Les spectres a', b', c' sont les spectres en énergie totale $\Delta E_1 + \Delta E_2 + E$ correspondants.

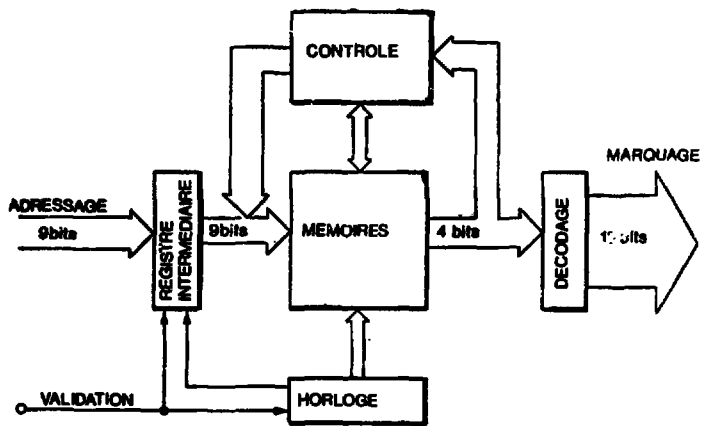


FIGURE 1

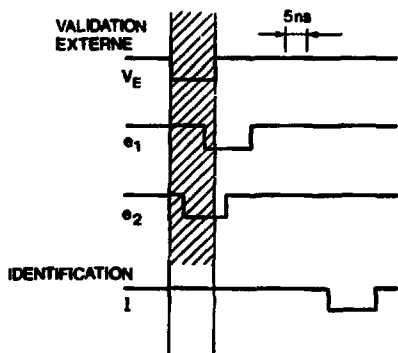


FIGURE 2

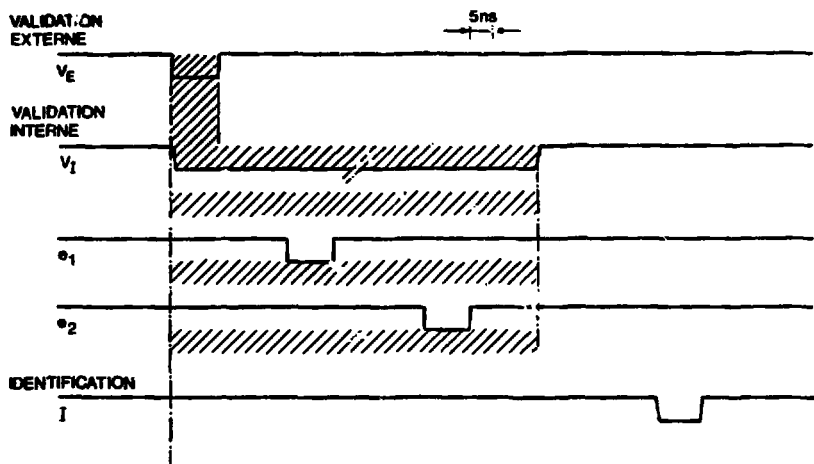


FIGURE 3

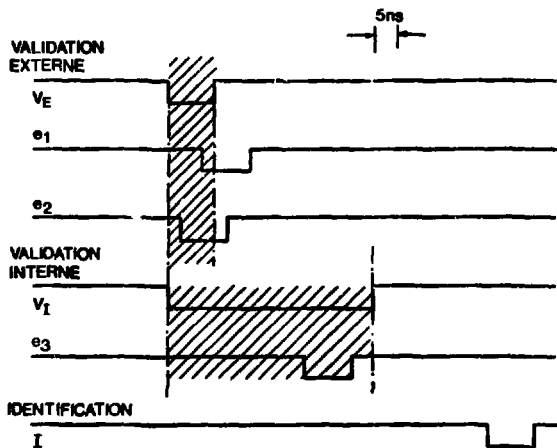


FIGURE 4

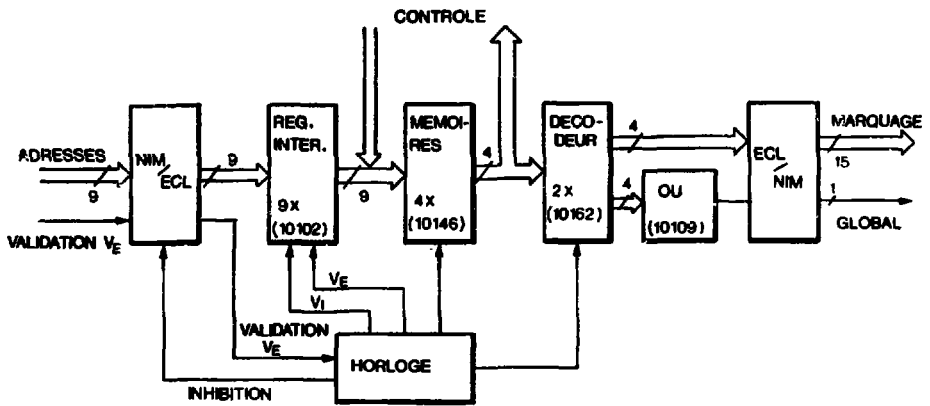


FIGURE 5

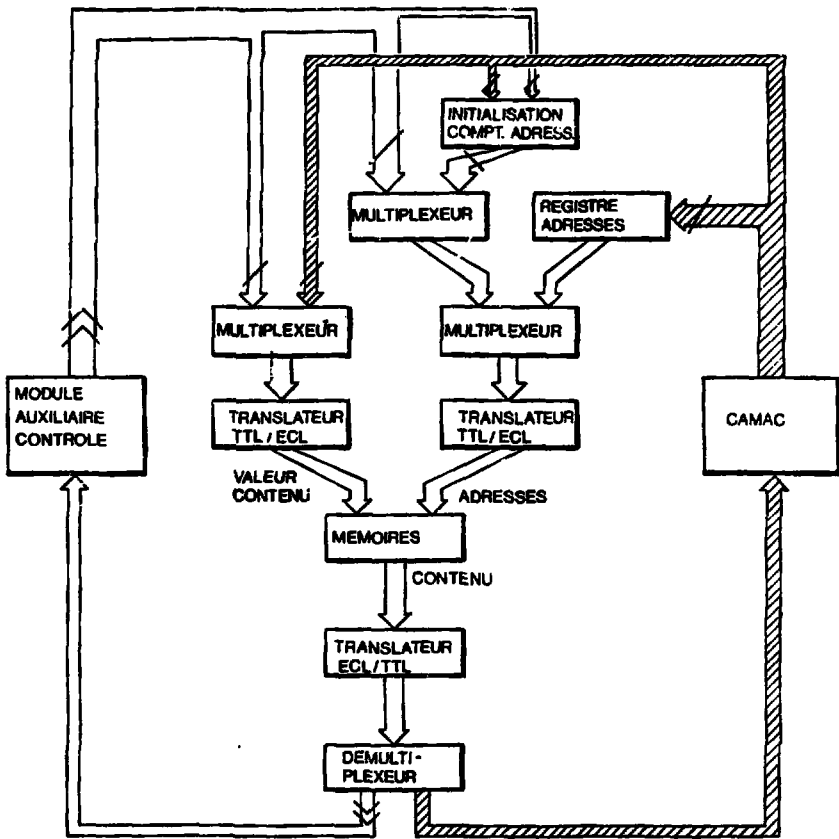


FIGURE 6

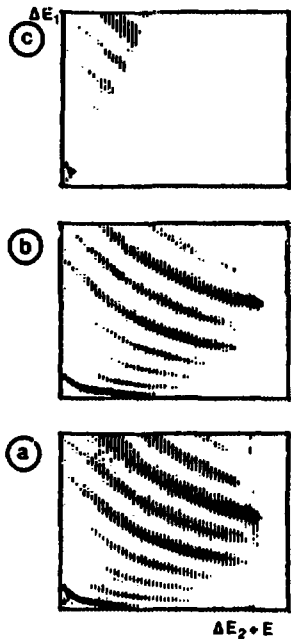
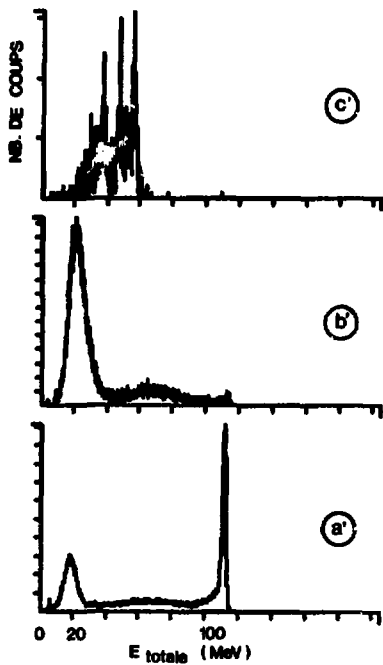


FIGURE 7

