

# Dépouillement par ordinateur de spectres gamma obtenus avec un détecteur Ge-Li

*par*

J.L. RAPAIRE\*, S. BALLESTRA\*\* et J.L. FUNEL\*

*\*Centre Scientifique de Monaco*

*\*\*Laboratoire International de Radioactivité Marine, Monaco*

## Résumé

On décrit un programme FORTRAN inférieur à 9 k mots permettant de dépouiller des spectres gamma (Ge-Li). Ses principales étapes sont :

- Recherche des pics photoélectriques;
- Calcul de leurs caractéristiques;
- Position, surface, erreur;
- Énumération des diverses identifications possibles en fonction de l'énergie du pic principal;
- Calcul de l'activité des nucléides;
- Dessin du spectre.

Le temps de passage sur IBM 1130 pour dépouillement et dessin est de 4 minutes environ.

## Abstract

A FORTRAN program lower than 9 k words permitting the investigation of gamma spectra (Ge-Li) is described. Its main stages are :

- Research of photoelectrical peaks;
- Calculation of their characteristics;
- Position, area, error;
- Enumeration of the various identifications possible in connection with the energy of the main peak;
- Calculation of the nucleid's activities;
- Plotting of the spectra.

Processing time on 1130 IBM for investigation and plotting is about 4 minutes.

## Introduction

La spectrométrie gamma connaît un fort développement depuis l'avènement des détecteurs à semi-conducteurs. En effet, par rapport à un Na I (Tl) le pouvoir de résolution est amélioré d'un ordre de grandeur, d'où la possibilité théorique de détection, pour la même plage d'énergie, d'un nombre de pics dix fois plus grand. En contrepartie, le temps passé au dépouillement manuel des spectres peut croître dans les mêmes proportions. Un grand nombre de programmes permettant un traitement automatique des spectres existe [1]. Les plus complets, les plus sophistiqués, exigeant l'emploi d'ordinateurs de la gamme des IBM 360 sont utilisés dans les grands centres nucléaires. D'autres ont été conçus pour l'usage de petits calculateurs [2] intégrés à l'appareillage permettant d'obtenir les spectres. Ils ne sont que semi-automatiques (nécessité de détermination manuelle des bornes des pics) et incomplets, sauf option particulière (pas d'identification ni de calcul d'activité des nucléides).

Il semble donc intéressant pour un laboratoire de recherches en radioactivité marine, d'importance moyenne, effectuant de nombreuses mesures simultanées de longues durées en spectrométrie  $\gamma$ ,  $\chi$ ,  $\alpha$ , d'envisager lorsqu'elle est possible, la solution médiane consistant à stocker, à partir de simples sélecteurs d'amplitudes, les données numériques sur bandes perforées ou disques magnétiques, afin de les traiter périodiquement, sur un ordinateur de capacité moyenne utilisé conjointement par plusieurs laboratoires et services administratifs. C'est ce que nous comptons réaliser avec un ordinateur dont l'installation est prévue à moins de 300 mètres de notre salle de mesures.

Nous décrivons ici un programme FORTRAN inférieur à 9 k mots permettant de dépouiller des spectres obtenus à partir de détecteurs à semi conducteurs GeLi. Ses principales étapes sont : recherche des pics (photoélectrique et rétrodiffusion), calcul de leurs caractéristiques principales (position, surface), énumération des diverses identifications possibles en fonction de l'énergie du pic principal, calcul de l'activité des nucléides.

### Lissage

Après lecture et suivant l'ordre enregistré, le spectre peut être lissé plusieurs fois par assimilation successive de 5 points consécutifs à une parabole (moindres carrés) [3]. L'ordonnée du point milieu est prise comme nouveau contenu du canal. L'expérience montre qu'en présence de pics dont la largeur à mi-hauteur est inférieure à 5 canaux et dont l'ordonnée du sommet est supérieure à 4 fois celle de la base, le lissage donne lieu à des déformations. Ces déformations se traduisent par une diminution de surface et un creusement des zones de liaison entre le pic et la ligne de base. Cet inconvénient est atténué de la manière suivante : après chaque calcul de l'ordonnée du point milieu, le nouveau contenu du canal  $N_1$  est comparé à l'ancien  $N_0$ . Si la valeur absolue de leur différence est supérieure à  $1,5 \sqrt{N_0}$ ,  $N_0$  est conservé. Le coefficient 1,5 choisi après plusieurs tests permet une atténuation correcte des fluctuations statistiques sur la ligne de base et une préservation de la géométrie des pics.

En fait, après traitement de plusieurs spectres dans des conditions de réglage, de temps et d'activité diverses, l'utilité du lissage ne nous semble pas prouvée.

### Détermination du sommet d'un pic

La dérivée point par point du spectre est tout d'abord calculée par un processus semblable à celui du lissage. On compare ensuite les valeurs des dérivées successives à une quantité + SEUIL déterminée expérimentalement. Le dépassement de SEUIL indique une possibilité de pic. Une dérivée inférieure ou égale à - SEUIL est alors cherchée dans les 6 canaux suivants. Si aucune dérivée ne satisfait à cette condition, le pic est rejeté et l'exploration continue. Ce test revient donc à refuser tous les pics dont la largeur à mi-hauteur est supérieure à 6 canaux, valeur choisie pour un réglage de 1,5 KeV/canal. Il est cependant possible de la moduler : 4 canaux à 2 KeV/canal, 8 canaux à 1 KeV/canal par exemple. Le sommet du pic est ensuite obtenu par la recherche entre les abscisses correspondant à + et - SEUIL du point présentant l'ordonnée maximum. La précision sur sa position est donc un canal.

### Recherche d'un multiplet

Dès que l'abscisse du sommet d'un pic est connue, l'examen (SEUIL) des 6 canaux suivants renseigne sur la possibilité de la présence d'un nouveau pic. L'existence de cette possibilité déclenche le processus précédemment décrit et peut aboutir à la détermination d'un nouveau sommet, le deuxième d'un multiplet. Si le multiplet ainsi trouvé contient plus de 5 pics, on suppose qu'il est le fait de fluctuations statistiques sur la ligne de base. Les calculs sont alors repris à l'origine du spectre avec une valeur de SEUIL plus élevée : + 10 en l'absence de lissage, + 5 dans le cas contraire.

### Calcul de la surface

Lorsqu'un pic (ou un multiplet) isolé a été trouvé, le programme continue par la détermination de l'abscisse et de l'ordonnée de sa borne située vers les basses énergies. A partir de l'abscisse (1) correspondant à + SEUIL, on compare successivement de 1 à 1-6 le contenu de deux canaux consécutifs. Si la différence est toujours positive, l'abscisse de la borne est 1-6, son contenu la moyenne des trois, deux, ou celui du dernier canal examiné, selon le résultat d'un test de comparaison équivalent à celui utilisé

lors du lissage ( $1,5 \sqrt{N}$ ). Si au cours de l'exploration la différence est négative, sa valeur absolue supérieure à  $1,5 \sqrt{N}$ , et cela deux fois consécutives, l'abscisse de la borne est celle du canal examiné présentant la plus faible ordonnée. Son contenu est déterminé comme précédemment par une moyenne sur les deux canaux les plus proches.

Le calcul des caractéristiques de la borne de droite est basé sur le même principe, l'exploration commençant à partir du sommet, ou du dernier sommet détecté dans le cas d'un multiplet.

La surface du pic est obtenue par sommation  $S$  du contenu des canaux situés entre les deux bornes, déduction faite du bruit de fond  $B$  représenté par la surface du trapèze ayant comme hauteur la différence d'abscisse des deux bornes, comme grande et petite base, leurs contenus respectifs.

L'erreur attribuée est  $2 \sqrt{S + B}$ . Dans le cas d'un multiplet, cette surface est répartie proportionnellement entre les divers pics en fonction de la hauteur de leur sommet au-dessus du bruit de fond.

### Attribution des pics, calcul d'activité

On essaie ensuite d'attribuer un nom à chaque pic détecté à partir d'une bibliothèque contenant actuellement les noms de 16 radioéléments [4]. Chacun d'eux est caractérisé par un pic principal, 4 pics secondaires au maximum, s'ils existent, ainsi que les facteurs de branchement correspondants. Le pic principal est choisi en fonction de son énergie et du coefficient de branchement. L'abscisse des pics détectés est supposée entachée d'une erreur maximum PRECI égale à 1 canal pour l'énergie 0 et croissant ensuite linéairement de 3 canaux/1000 canaux, soit pour un réglage de 1,5 KeV/canal et un pic de 1 500 KeV,  $PRECI \leq 6$  KeV.

Chaque fois qu'une plage de correspondance est trouvée entre l'énergie  $E_1$  d'un pic du spectre et celle  $E_2 \pm PRECI$  du pic principal d'un radioélément de la bibliothèque, le nom est mémorisé et les pics secondaires cherchés.

L'activité en picoruries de chaque pic est enfin calculée en tenant compte des facteurs de branchement et du rendement de l'appareillage donné par l'équation.

$$R = \exp(A (\text{Log } E)^2 + B (\text{Log } E) + C)$$

$E$  est l'abscisse du pic en KeV,

$A, B, C$ , des coefficients déterminés par moindres carrés à partir de mesures préalables sur plusieurs radioéléments d'activité connue. [5]

### Conclusion

Ce programme testé sur IBM 1130, permet le dépouillement et le dessin d'un spectre d'une vingtaine de pics et de 1024 canaux en moins de 300 secondes. Il semble donc suffisamment rapide et adapté à l'étude de petites séries de mesures réalisées dans des conditions de temps et de réglages diverses, telles que celles effectuées dans un laboratoire de recherches en radioactivité marine. Nous espérons pouvoir l'adapter aux spectres  $\chi$ ,  $\alpha$  et diminuer son temps de passage en introduisant les données numériques à partir de bandes perforées ou de disques magnétiques.

### Références

- [1] LEDERER (C.M.), 1970. — Computer analysis of spectra. *Radioactivity in Nuclear Spectroscopy*, 1, pp. 73 - 107.
- [2] PHILIPPOT (J.C.), 1970. — Automatic processing of diode spectrometry results. *IEEE Trans. Nucl. Sci.* NS, 17, p. 446.
- [3] CARRAZ (L.C.), 1973. — Analyse des spectres gamma. Détermination de la position et de l'aire des pics par un programme de calcul. *Journées d'Études sur la Spectrométrie  $\gamma$* , CENG.
- [4] DESCOURS (S.) & ROZAI (B.), 1973. — Spectrométrie  $\gamma$  Ge(Li). *Programme d'exploitation de la bibliothèque des radioéléments du CENG*.
- [5] MOREL (J.) & LEGRAND (J.), 1973. — Différents problèmes liés à l'étalonnage en énergie et en efficacité des spectres  $\gamma$ . *Journées d'Études sur la Spectrométrie  $\gamma$* . CENG.

