

## القياس الكمي لآثار اليورانيوم في الماء الطبيعي

الدكتور هيثم جبيلي\*

(قبل للنشر في 2004/1/24)

### □ الملخص □

تحتوي غالبية المياه الطبيعية قليلاً من اليورانيوم المنحل . وفي الحالة العامة ، فإنه من الصعب إجراء التحليل الكيميائي الروتيني المباشر لمثل الكميات الصغيرة لليورانيوم . إن تقانة مطياف غاما أسهل وأقل كلفة ، ودقيقة على حدٍ سواء ، بالمقارنة مع العديد من الطرق الأخرى للتحليل .

لقد تمّ تكريس هذا العمل لدراسة ميزات مطياف غاما Gamma spectrometer : الفعالية Efficiency ، وضجيج الخلفية Background . ونجري هنا حساب الحساسية Sensitivity ، لقياس اليورانيوم في الماء ، بوساطة مطياف غاما . ومن ثم ، تم قياس كمية اليورانيوم الموجود في مياه منطقة لوديف Lodève القريبة من مدينة مونبيلييه الفرنسية بعد زيادة تركيزها خمس مرات . وأخيراً ، فإننا نستخلص طريقة أساسية للقياس الكمي لآثار اليورانيوم في الماء الطبيعي .

---

\*أستاذ مساعد في قسم الفيزياء- كلية العلوم- جامعة تشرين - اللاذقية - سوريا - معار حالياً إلى كلية المعلمين بالدمام في المملكة العربية السعودية .

## Quantitative Measurement of Uranium's Tracks in the Natural Water

Dr. Haisam Jbeli\*

(Accepted 24/1/2004)

### □ ABSTRACT □

Natural water contains usually a little amount of dissolved uranium. In general, it is difficult to analyze directly such small quantities of uranium in water by routine chemical methods. Gamma spectrometer technique is easier, less expensive and equally accurate compared to many other methods of analysis.

This work is concerned with the gamma spectrometer characteristics: efficiency and background. We make here sensitivity calculus, for measuring uranium in water with use gamma spectrometer. Then, quantity of uranium had been measured in the water in "Lodève" area near Montpellier French city by increasing the concentration five times. Quantitatively, there is a substantial method to measure uranium in the natural water.

---

\* Associate Professor, Department Of Physics , Faculty Of Science , Tishreen University , Lattkia, Syria , Visiting Associate Professor To The Education College In Dammam In Saudi Arabia.

## مقدمة:

لقد اهتم العديد من الباحثين بمطياف غاما لقياس نشاط Activity العناصر المشعة في المياه الطبيعية حيث تم استخدام طرائق مختلفة تبعاً للعنصر المشع المراد قياسه . فقد استخدم ميشل Michel وآخرون [1] ومور Moore وآخرون [2,3,4] مرشحات كارتوش Cartouche Filters من أكسيد المنغنيز  $MnO_2$  لزيادة تركيز الراديوم . وباستخلاص الأخير بترسيبه مع كبريتات الباريوم  $BaSO_4$  نتمكن من الحصول على منبع الراديوم حيث يقاس باستخدام مطياف غاما . وتسمح طريقة القياس هذه بقياس الراديوم باستعمال كمية كبيرة من الماء (100 إلى 1000 لترًا) . وأيضاً فقد استخدم كوشران Cochran وآخرون [5] هذه التقنية لتحديد تركيز العناصر المشعة وتوزعها في المحيط الأطلسي ، لكن باستخدام طريقة الفصل الكيميائي لاستخلاص الراديوم .

يمثل مطياف غاما تقانة لقياس عناصر متعددة في وقت واحد ؛ فهو يسمح بقياس وتعرف كل العناصر المشعة التي تصدر أشعة غاما [5] . ولهذا السبب ، فإننا في هذا العمل ، جربنا هذه التقنية لتحديد تراكيز اليورانيوم 238 في الماء . وخلال إقامة علمية في المركز القومي للبحث العلمي  $CNRS^*$  الفرنسي في مدينة مونبيلييه ، خلال الربع الرابع من العام 2000 م ، فقد أنجزنا القياسات العملية باستخدام مطياف غاما التابع للمركز السابق ، حيث نسميه فيما يلي :مطياف غاما  $CNRS$  . وبعد العودة إلى سوريا فقد قمنا بدراسة وتحليل النتائج العملية التي حصلنا عليها .

إن العناصر المشعة التي يمكن أن توجد في الماء هي  $^{238}U$  و  $^{235}U$  و  $^{232}Th$  وسلسلة Descendants كل منها [6] . ونظائر الراديوم  $^{228}Ra$  ( أحد سلسلة  $^{232}Th$  ) و  $^{226}Ra$  (أحد سلسلة  $^{238}U$  ) و  $^{223}Ra$  ( أحد سلسلة  $^{235}U$  ) مهمة ضمن هذه الدراسة حيث اعتماداً على تراكيز النظائر السابقة يمكن أن نحدد كمية الرادون الذي يمثل غازاً مشعاً يتواجد في الماء .

عندما يتفكك عنصر ثقيل مثل اليورانيوم 238 أو اليورانيوم 235 أو... إلخ معطياً جسيمات ألفا فإن النواة الناتجة تصدر أشعة غاما [7] . ولما سبق فإن تحديد نظير اليورانيوم  $^{238}U$  ( وفرته الطبيعية % 99.28 ) يتم اعتماداً على أول عنصر من سلالته الثوريوم  $^{234}Th$  المصدر الرئيس لأشعة غاما . ويتم تحديد اليورانيوم  $^{235}U$  ( وفرته الطبيعية % 0.7 ) اعتماداً على نشاطه الخاص أو على نشاط أحد عنصرين من سلالته  $^{227}Th$  أو  $^{223}Ra$  . أما الثوريوم  $^{232}Th$  ( وفرته الطبيعية % 100 ) فيتم قياسه بواسطة الأكتينيوم  $^{228}Ac$  أو الثوريوم  $^{228}Th$  .

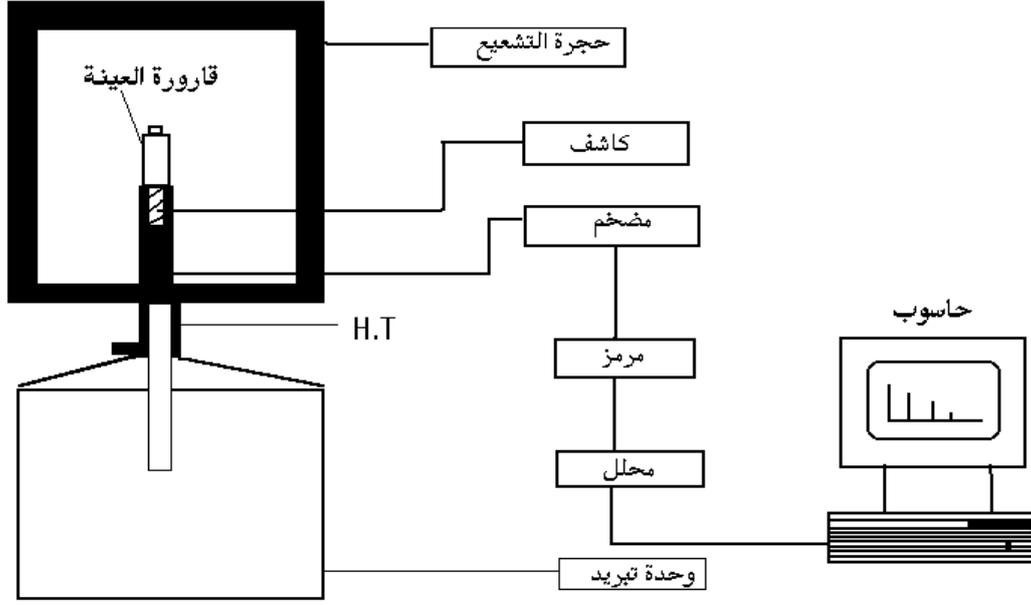
يعتمد كشف أشعة غاما على التأثير المتبادل بين هذه الأشعة والمادة . وضمن مجال طاقة أشعة غاما، المشار إليها أعلاه ، والذي يهمننا ( 50KeV إلى 2MeV ) فإن التأثير المتبادل السابق يسبب المفاعيل التالية : المفعول الكهروضوئي ، أو الامتصاص الكلي ، مفعول كمبتون ومفعول توليد الزوجين . ويعرف منبع لإشعاعات غاما بواسطة القياس الدقيق لطاقة هذه الإشعاعات ، حيث تعكس ذرى Peaks الامتصاص الكلي في القسم الأعظم المفعول الكهروضوئي لإشعاعات غاما الواردة متبوعة بذرى المفعول الكهروضوئي لفوتونات x الناتجة عن إعادة ترتيب الذرة بعد عملية التحول الداخلي لإشعاعات غاما . ويضاف إليها أيضاً الذرى الناتجة عن مفعول كمبتون وذرى ناتجة عن مفعول الزوجين ضمن الكاشف ، وأخيراً الذرى المضاعفة Sum Peaks [8]

\* الأحرف الأولى للكلمات الفرنسية Centre National de la Recherche Scientifique ( اسم المركز الذي أنجز فيه القياس )

لقد قمنا ، في هذا العمل ، بدراسة الميزات المتغيرة\* لمطياف غاما CNRS بعد مرور فترة زمنية من وضعه قيد الاستئثار ومن ثم قمنا بقياس حساسية المطياف السابق لقياس اليورانيوم في الماء . وأخيراً استخلصنا طريقة أساسية لقياس آثار اليورانيوم في الماء الطبيعي .

## مطياف غاما CNRS المستخدم

يتألف مطياف غاما التابع للمركز القومي للبحث العلمي CNRS الفرنسي والذي قمنا باستخدامه ، شكل (1) ، من [9] :



الشكل(1):مطياف غاما CNRS .

### 1- الكاشف Detector

يتألف الكاشف من بلورة جرمانيوم متحدة المحور من النوع N ، عالية النقاوة ، ومشابة بالليثيوم ، نرمز له بالرمز Ge(Li) . وتحدد ميزات الكاشف التالية شروط القياس :

1.1- الفعالية : وتمثل عدد الفوتونات المسجل بواسطة الكاشف على عدد الفوتونات الواردة من المنبع بالنسبة لطاقة محددة . وتقدر فعالية كاشف الجرمانيوم Ge(Li) بالمقارنة مع فعالية كاشف يود الصوديوم المشاب بالناليوم NaI(Tl) من أجل الطاقة 1.33MeV الواردة من المنبع <sup>60</sup>Co والموضوع على بعد 25cm من الكاشف .

إن الفعالية النظرية للكاشف Ge(Li) المستخدم تساوي 22% وترتبط بفعالية الكاشف NaI(Tl)

$$\varepsilon_{\text{Ge(Li)}} = 0.88 \varepsilon_{\text{NaI(Tl)}}$$

2.1-مقدرة الفصل Resolution : وتمثل عرض الذروة الكهروضوئية عند منتصف أعلى قيمة FWHM . وقيمة مقدرة الفصل R ، من أجل الكاشف Ge(Li) ذي الفعالية النظرية 22% ، تساوي :

$$R=0.80\text{KeV من أجل الطاقة } E=122\text{KeV}$$

\* إن إعادة دراسة ميزات المطياف ، بعد وضعه قيد الاستئثار ، مفيدة خصوصاً عند إجراء قياس مهم مثل كمية اليورانيوم في الماء

E=1332KeV من أجل الطاقة R=1.82KeV

وننتبين من القيمتين السابقتين أن مقدرة الفصل للكاشف Ge(Li) تتخفف بازدياد طاقة إشعاعات غاما المسجلة ؛ ويؤيد هذا كون FWHM يزداد بازدياد الطاقة [10] .

## 2- وحدة التبريد Cryostat

تسمح وحدة التبريد بتكيف مطياف غاما مع الشروط المحيطة ومع هندسة القياس . وتتكون من عصاة مغموسة شاقولياً في خزان يتسع لـ 30 لتراً من الآزوت السائل . وتكفل وحدة التبريد عمل الكاشف Ge(Li) بدرجة حرارة ثابتة هي درجة حرارة الآزوت السائل 77K .

## 3- مضخم أولي Preamplifier

يسمح المضخم الأولي بمكاملة وتشكيل نبضات الشحنة الخارجة من الكاشف .

## 4- المضخم Amplifier

يكبر المضخم خطياً الإشارة القادمة من المضخم الأولي .

## 5- المرمر Coder

يحوّل المرمر الإشارة المتماثلة Analogical إلى إشارة رقمية مرمّزة ذات عنوان .

## 6- المحلل Analyzer

يمثل المحلل نظام إحرارز معطيات Data acquisition يستقبل معلومات طيفية ويرتبها في ذاكرة داخلية ، ثم يحوّلها إلى الحاسب الذي يحلها باستخدام برنامج متوافق مع مطياف غاما .

## شروط القياس

لقد أنجزنا القياسات التجريبية ضمن نطاق أعلى قليلاً من عتبة الكشف Detection threshold . ومن أجل هذا ، يجب معايرة المطياف في حالة التحليل الكمي Quantitative analysis مسبقاً في شروط متماثلة من حجم وهندسة وموضع وكثافة ( سائل كثافته 1 ) . ولتجنب القياسات المغلوطة فإنه يجب ضبط الطاقة ومراقبة منحنى الفعالية . ولتجنب الأخطاء الإحصائية يجب أيضاً أن تنجز القياسات خلال زمن طويل ؛ ولذا فقياس النشاط الضعيف يتم خلال 1000 دقيقة

## النتائج والمناقشة

### 1- معايرة الفعالية Efficiency calibration

إن معايرة الفعالية مهمة لإنجاز قياسات كمية لنظائر مشعة تصدر أشعة غاما . وتتبع المعايرة لهندسة القياس وكثافة السائل وبعد القارورة عن الكاشف [11] . وللحصول على مردود Yield أمثل فإن القياسات قد

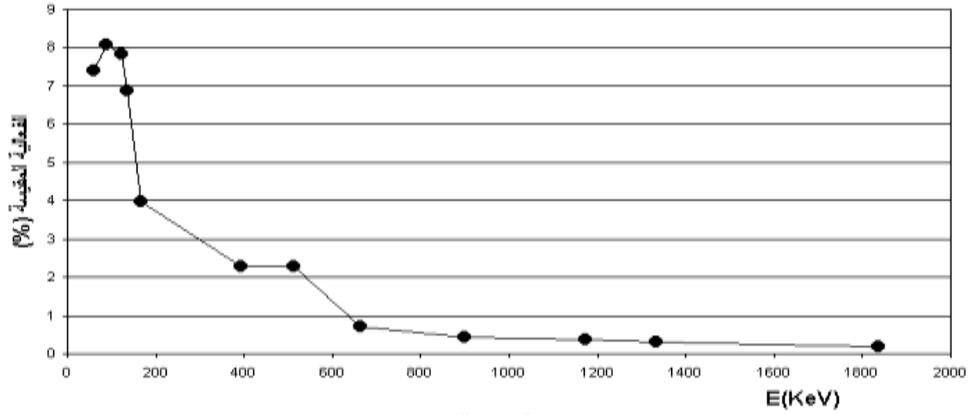
تمت باستخدام قوارير موحدة بحجم 50ml .

يمكن للمعايرة أن تتم باستخدام عينة Specimen تحوي عدة نيوكليدات مشعة Radionuclids أو باستخدام عدة عينات تحوي كل منها نيوكليداً مشعاً بحيث يغطي توزيع طاقة النيوكليدات المجال : 50KeV إلى 2MeV . ولقد استخدمنا الطريقة الأخيرة لمعايرة مطياف غاما CNRS ؛ أي باستخدام عدة عينات تحوي كل منها نيوكليداً مشعاً بحيث يغطي توزيع طاقة النيوكليدات مجال الطاقة السابق . ونبين في الجدول التالي الفعالية المقيسة  $\epsilon$  .

الجدول (1) : الفعالية المقيسة  $\epsilon$  لمطياف غاما CNRS .

النيوكليد	<sup>241</sup> Am	<sup>109</sup> Cd	<sup>57</sup> Co	<sup>139</sup> Ce	<sup>113</sup> Sn	<sup>85</sup> Sr	<sup>137</sup> Cs	<sup>88</sup> Y	<sup>60</sup> Co	<sup>88</sup> Y
E(KeV)	60	88	122	136	392	514	662	898	1173	1332
$\epsilon(\%)$	7.40	8.06	7.84	6.86	3.99	2.29	0.71	0.43	0.36	0.31

نستنتج من الجدول السابق ، وكما هو مبين في الشكل (2) ، أن الفعالية تتناقص مع ازدياد الطاقة . ويعود السبب في ذلك إلى أن جزءاً كبيراً من فوتونات غاما عالية الطاقة يجتاز كاشف الجرمانيوم ولا يتم تسجيله أما انخفاض الفعالية من أجل الطاقات المنخفضة (60KeV) فيعود إلى نافذة دخول الكاشف التي تمتص جزءاً من الفوتونات الواردة وبالتالي لا يُسجل هذا الجزء من قبل الكاشف .



الشكل (2) : الفعالية المقيسة لمطياف غاما CNRS

## 2- دراسة ضجيج الخلفية Background study

إن دراسة ضجيج الخلفية مفيدة جداً من أجل قياس النشاط الإشعاعي الضعيف للعناصر المشعة . فقد استخدم كونزالز [12] Gonzalez كاشفين : الأول Ge(Li) والثاني NaI(Tl) لقياس ضجيج الخلفية ، ومن ثمَّ قارن بين حساسية الكاشفين . واستخدم أيضاً دروعاً Shields بسماكات مختلفة وكواشف Ge(Li) بفعاليات مختلفة . وقد استنتج ، من أجل كاشف Ge(Li) ذي فعالية 30% وتدرج سميك ( 25cm من الرصاص ) ، أن ضجيج الخلفية منخفض جداً .

وفي الواقع ، فإن عديداً من العوامل يمكن أن تساهم في ضجيج الخلفية ندرس منها تلك المتعلقة بالمطياف CNRS ؛ ومن ثمَّ نعرض بعض النتائج المنجزة خلال فترة القياس .

## 1.2- النشاط الإشعاعي المحيط

يمكن أن يعزى النشاط الإشعاعي المحيط لثلاثة مصادر :

1.1.2- الإشعاعات الكونية [13] : تتكون الإشعاعات الكونية ، التي طاقتها ضمن المجال (1 إلى 1014 MeV)، من البروتونات (85-90%) وجسيمات ألفا والأيونات الثقيلة ( $10 < Z < 30$ ) التي تُمتصُّ سريعاً لحظة دخولها إلى الغلاف الجوي . فيتولد عن ذلك إشعاعات ثانوية مكونة من النيوترونات والإلكترونات والميزونات طاقتها أقل من 100 MeV . إن نشاط الإشعاعات الثانوية السابقة من رتبة جسيمة في الدقيقة وفي  $cm^2$  . وبالتالي يُوصى بوضع مطياف غاما في مخبر تحت الأرض .

2.1.2 - تلوث الهواء المحيط : يحوي الهواء المحيط بالمطياف الرادون الطبيعي والذي يتراكم في الأماكن المغلقة تحت الأرض. ومطياف أشعة غاما المستخدم CNRS موضوع تحت الأرض ولذا فهو معرض للرادون بشدة .

إن نظيري الرادون  $^{220}Rn$  و  $^{222}Rn$  لا يُسجلان بواسطة مطياف غاما وذلك لضعف شدة إشعاعات غاما الناتجة عنهما . وبالعكس فإن هناك نظائر متولدة عنهما مثل  $^{214}Pb$  و  $^{212}Pb$  و  $^{214}Bi$  تؤثر على القياسات بواسطة مطياف غاما [14] . وتسبب النظائر السابقة اضطراباً للقياس النوعي والكمي من أجل الشدات المنخفضة المتولدة عن النيوكليدات المشعة .

3.1.2- تلوث مواد البناء : يمكن أن تعزى إشعاعات غاما ، الصادرة عن مواد البناء ، وبشكل رئيس للمادتين التاليين:

A ( الخرسانة Concrete والتي لا يمكن الاستغناء عنها والمكونة من 8% ماء و 18% إسمنت و 28% رمل و 46% حصى [15] . وتحوي كل المواد من أصل جيولوجي عناصر مشعة أثرية وبشكل خاص اليورانيوم والپوتاسيوم  $^{40}K$  . ونبين في الجدول التالي رتبة الإشعاعات [17,16] الناتجة عن مواد الخرسانة.

الجدول (2) : نشاط مواد الخرسانة .

المادة	الوفرة في الخرسانة (%)	النشاط ( Bq / g )
الرمل	28	0.5
الإسمنت	18	0.5
الحصى	46	0.4

وفي الواقع ، فإن مواد البناء المستخدمة ملوثة غالباً بالنيوكليدات الصناعية ناتجة عن التفجيرات النووية المختلفة .

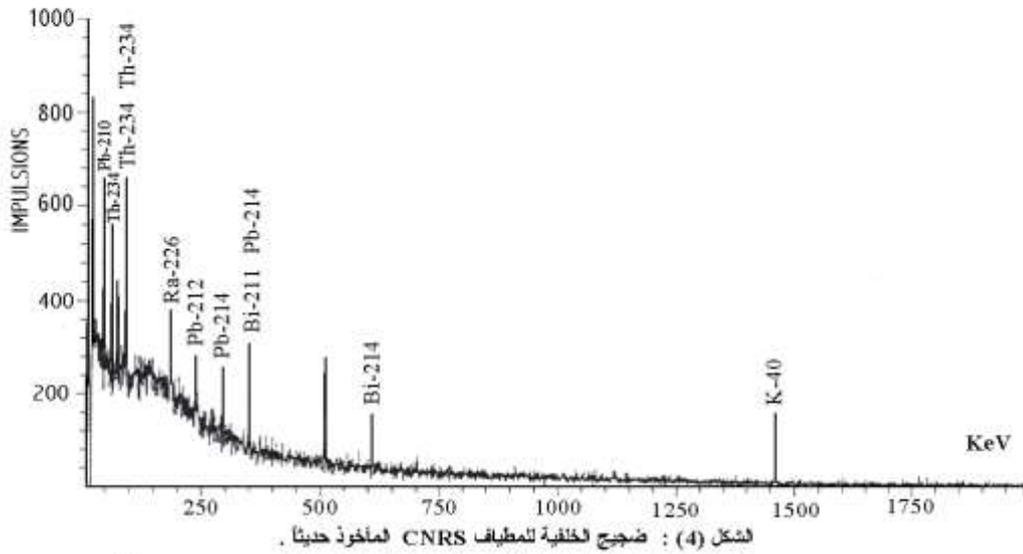
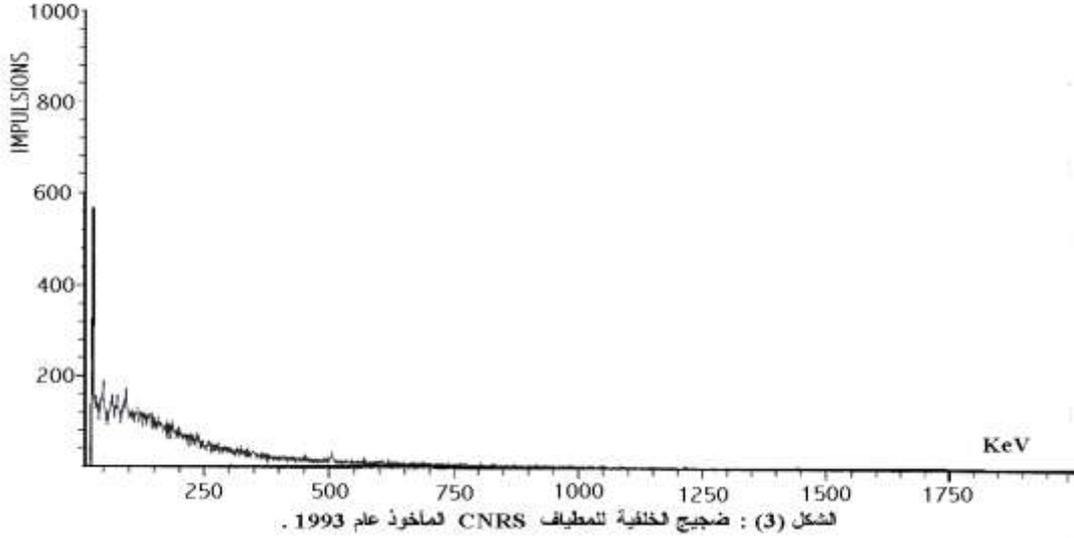
B ( تحوي حجرة التشيع ، التي تمثل خليطاً من الرصاص والنحاس ( Pb-Cu ) ) يمتص الإشعاع القادم من المحيط ، شوائب نشطة إشعاعياً مثل  $^{210}Pb$  المشع [16] و الملازم للرصاص المستقر و المستخدم في صناعة حجرة التشيع .

## 2.2- قياس ضجيج الخلفية

تسمح سلسلة من قياسات ضجيج الخلفية بالتحكم بتلوث حجرة القياس وبتلوث الكاشف وكذلك بالتغيرات الطارئة عليه خلال الزمن . وقد قمنا ، خلال فترة أخذ النتائج ، بقياس ضجيج الخلفية للطيف وذلك

لتحديد الضجيج الموافق لكل نظير مشع وتحول هذا الضجيج خلال الزمن .

ويبين الشكلان (3) و (4) نموذجين لطيف الضجيج ، حيث تمّ تسجيل الأول عام 1993 والثاني حديثاً (خلال الربع الرابع للعام 2000م) . ونلاحظ في الشكل (3) أن معظم الخطوط الطيفية غير ظاهرة ، بينما تظهر على الطيف الثاني (شكل 4) عدة خطوط طيفية تعود لـ  $^{234}\text{Th}$  وسلالته وللعنصر  $^{40}\text{K}$  . إن الخطوط الطيفية السابقة معيقة للقياسات التي تجرى على العينة حتى من أجل نشاط مرتفع .



وتعزى الخطوط الطيفية في الشكل (4) إلى وجود منابع مشعة حيث تُجرى عليها قياساتٌ بوساطة مطياف متعدد الكواشف ، لقياس ألفا وبيتا ، موجود في نفس المخبر مع مطياف غاما CNRS .

لقد أبعدها المصادر المشعة الأخرى ؛ ثم قمنا بإجراء قياسات كمية لحساب حساسية مطياف غاما CNRS وقد استخدمنا من أجل ذلك نيترات اليورانيل Uranyl nitrate .

### 3- قياسات كمية

#### 1.3- قياسات كمية لحساب حساسية مطياف غاما CNRS

لقد أنجزنا قياسات كمية على محاليل من نيترات اليورانيل  $UO_2(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$  لعينات متماثلة هندسياً وحجمياً ( قوارير متماثلة ، سعة كل منها 50ml ) . وحرصنا أيضاً أن تكون العينة متجانسة وكثافتها قريبة من 1 . واعتماداً على كل طيف ، قمنا بتسجيله ، قسنا النشاط الإشعاعي لليورانيوم  $^{238}U$  باعتبار توازنه مع أول عنصر من سلالته  $^{234}Th$  ؛ وذلك لحساب التراكيز الدنيا لليورانيوم ( حساسية المطياف لقياس  $^{238}U$  ) والتي يمكن قياسها ضمن عينات الماء الطبيعي باستخدام المطياف CNRS .

إن عنصر الثوريوم 234 يصدر فوتونات غاما بالطاقات التالية : 92.4KeV ، 63.3KeV و 92.8KeV [9] . وحسب حسين [18]HUSEIN فإن عنصر الثوريوم السابق يصدر فوتونات جاما بالطاقات التالية 92KeV, 63KeV , 29KeV . أما جوهن [7]JOHN فقد بين أن عنصر الثوريوم آف الذكريصدر فوتونات غاما بالطاقات التالية 93KeV , 63KeV . ويعود الفرق البسيط لطاقات الخطوط الطيفية لفوتونات غاما ، حسب المراجع السابقة ، لاختلاف مقدرة فصل أدوات القياس . وبالعودة للشكل (2) نجد أن المطياف CNRS يتمتع بفعالية جيدة ، بالنسبة للطاقات السابقة ، توفر شرطاً ملائماً لقياس تراكيز عنصر الثوريوم  $^{234}Th$  في الماء .

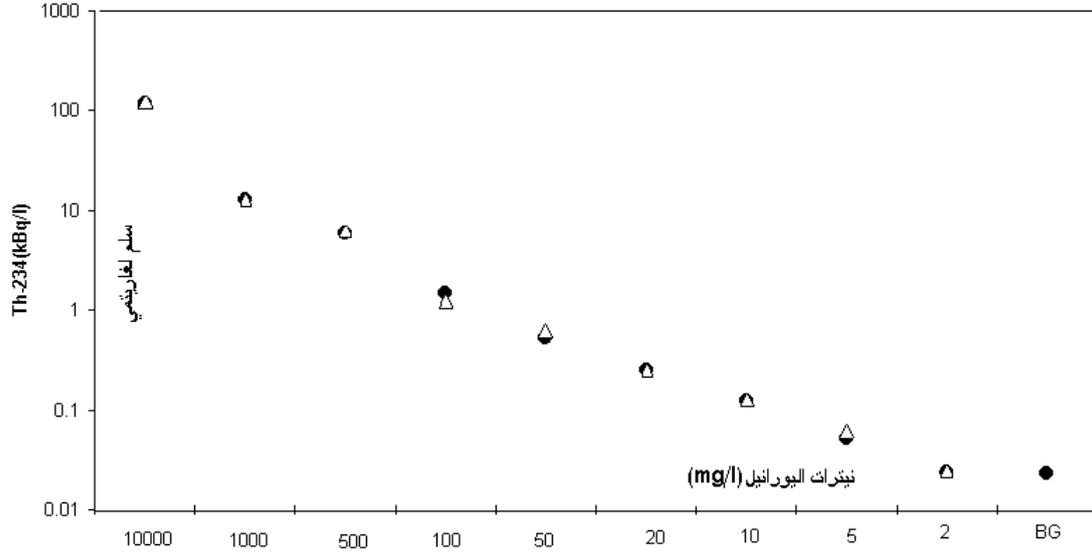
ويبين الجدول (3) النشاط المقيس  $A_m$  والنشاط النظري  $A_t$  ( انظر الملحق من أجل حساب  $A_t$  ) للعنصر  $^{234}Th$  ، الناتجين عن عينات محلول نيترات اليورانيل المشار إليه أعلاه . كما نبين في الجدول السابق الانحراف D(%) بين القيمتين  $A_t$  و  $A_m$  .

الجدول (3) : القيم  $A_t$  ,  $A_m$  للعنصر  $^{234}Th$  الناتجة عن عينات محلول نيترات اليورانيل .

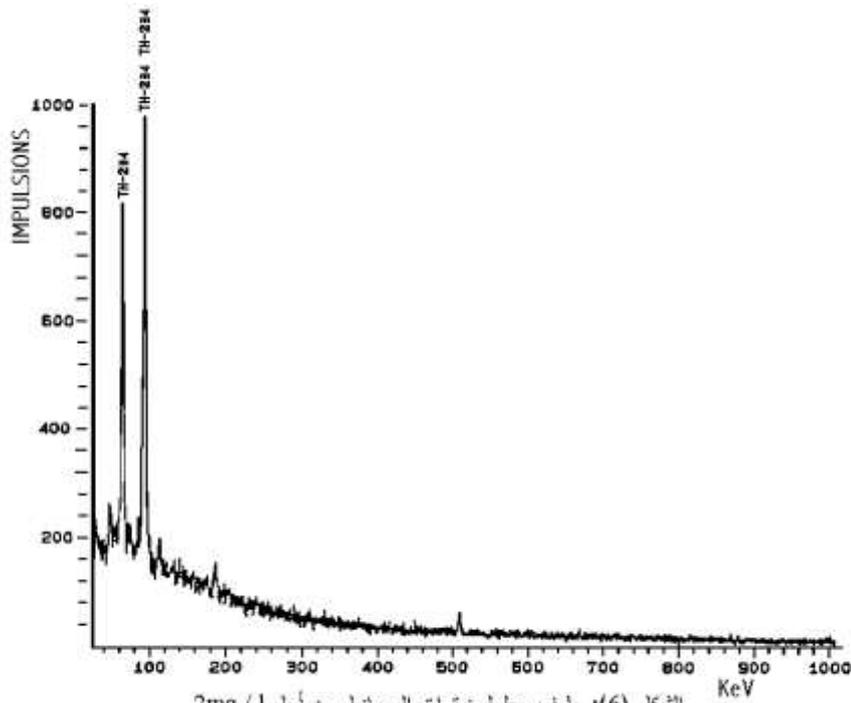
D(%)	$A_t$ (kB / l)	$A_m$ (kBq / l)	C( mg / l )
2	122.6	119.9	10000
4	12.26	12.79	1000
4	6.13	5.87	500
17	1.23	1.49	100
15	0.613	0.523	50
1	0.245	0.248	20
1	0.123	0.124	10
15	0.061	0.052	5
0	0.024	0.024	2
-	-	0.023	BG

إن القيمة  $A_m=0.023kBq/l$  والمبينة في الجدول السابق توافق ضجيج الخلفية BG في الشكل (4) ؛ بينما تمثل القيمة  $A_m=0.024kBq/l$  نشاط الثوريوم 234 والمبين في الشكل (6) . ونبين في الشكل (5) مقارنة بين نشاط اليورانيوم 238 المقيس ، باعتباره متوازناً مع الثوريوم 234 ، وقيم نشاطه النظرية حيث نتبين من الشكل السابق أن نشاط الثوريوم 234 ، من أجل تركيز اليورانيوم 2mg/l ، يختلط مع ضجيج الخلفية BG .

إذاً ، من أجل 2mg/l من اليورانيوم فإنّ نشاط الثوريوم  $^{234}\text{Th}$  يختلط مع ضجيج الخلفية BG للمطياف CNRS . أو يمكن أن نقول : إنّ من أجل 2000  $\mu\text{g/l}$  من اليورانيوم 238 فإنّ نشاط الثوريوم 234 ( المتوازن مع  $^{238}\text{U}$  ) يختلط مع ضجيج الخلفية BG للمطياف CNRS . وبالتالي نستنتج ، من ذلك ، أن مطياف غاما CNRS يتحسس لنشاط غاما الصادر عن اليورانيوم 238 المنحل في الماء العادي عندما يكون تركيز اليورانيوم 238 في الماء أعلى قليلاً من 2000  $\mu\text{g/l}$  ( أنظر الجدول 3 والشكل 5 ) .



الشكل (5): النشاط المقيس ● والنشاط النظري Δ للثوريوم  $^{234}\text{Th}$  .



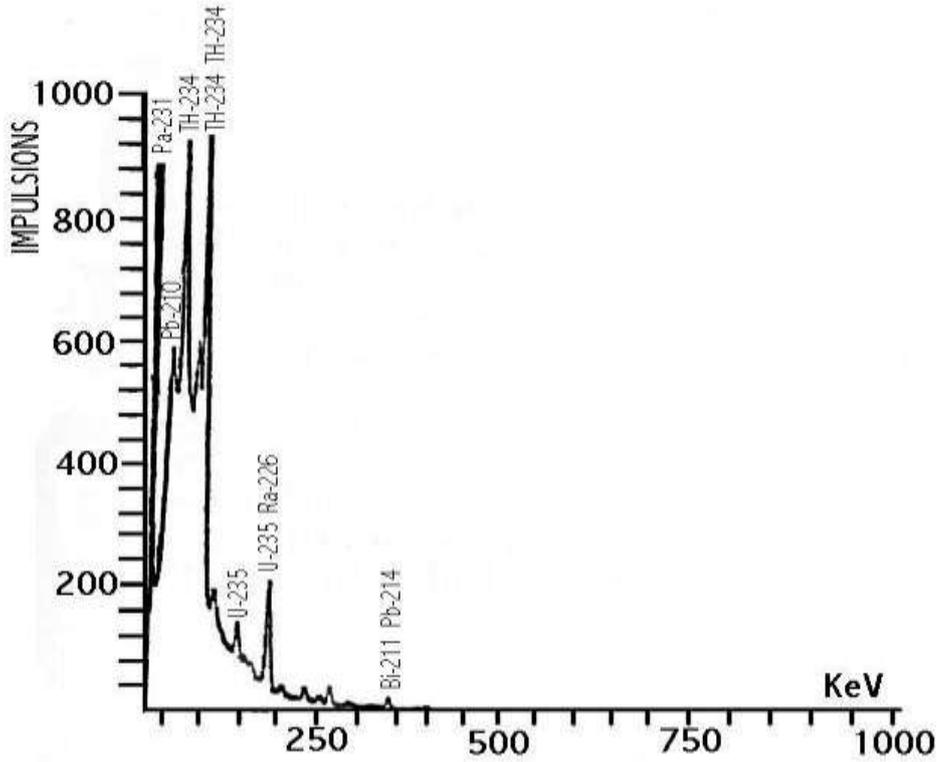
الشكل (6): طيف محلول نترات اليورانيوم من أجل 1 / 2mg .

إنّ تركيز اليورانيوم 238 في الماء الطبيعي أخفض من القيمة السابقة حيث يبلغ عدة ميكرو غرامات في اللتر [19] . وبالتالي فإن القياس المباشر لليورانيوم في الماء العادي غير ممكن بواسطة مطياف غاما CNRS ، ولا بدّ من إجراء قبل قياس تركيز اليورانيوم 238 بواسطة المطياف السابق .

### 2.3- قياسات كمية للنشاط الإشعاعي في الماء الطبيعي

لإجراء القياسات الكمية في الماء الطبيعي فقد تم عزل المطياف جيدا بإبعاد المصادر المشعة الأخرى وحماية الكاشف من التلوث . وبعد ذلك فقد تم قياس ضجيج الخلفية وتمت مقارنته مع الشكل (3) حيث كان قريبا منه .

من أجل القياسات الكمية لليورانيوم في الماء الطبيعي باستخدام مطياف غاما CNRS فقد تم اختيار مياه منطقة لوديف Lodève القريبة من مدينة مونبيلييه الفرنسية والغنية باليورانيوم. وباستخدام مرشح كارتوش  $MnO_2$  (الذي يسمح بمرور الجزيئات  $H_2O$  ويمنع عبور العناصر الأخرى) فقد تمت زيادة تركيز اليورانيوم في ماء المنطقة السابقة خمس مرات . ونبين في الشكل (7) طيفا لعينة من الماء أعلاه بعد زيادة التركيز . ويظهر الشكل السابق أن ذرى الثوريوم 234 (المتوازن مع اليورانيوم 238) واضحة وقابلة للتحديد . ونبين في الجدول (4) مقارنة بين نتيجتي قياس تركيز اليورانيوم 238 في الماء الطبيعي لمنطقة لوديف  $C_\gamma$  (mg / l) باستخدام مطياف غاما CNRS و  $C_\alpha$  (mg / l) باستخدام مطياف ألفا . كما نبين في الجدول السابق الانحراف  $D(0/0)$  بين القيمتين  $C_\alpha$  و  $C_\gamma$  .



الشكل (7): طيف عينة من ماء لوديف Lodève بعد زيادة التركيز .

الجدول (4): القيم  $C_\alpha$  و  $C_\gamma$  الناتجة عن عينة من ماء لوديف .

$D(0/0)$	$C_\alpha$ (mg / l)	$C_\gamma$ (mg / l)
3	0.453	0.467

## الخلاصة:

إنّ مطياف غاما ملائم جداً لقياس نشاط العناصر المشعة في مواد البيئة مثل الصخور والرسوبيات والنباتات والطين . وليس مطياف غاما ملائم لقياس نشاط المواد السابقة وحسب ، وإنما يمكن أن يمثل وسيلة لقياس تركيز اليورانيوم في الماء . فرغم أنّ تركيز اليورانيوم في الماء الطبيعي منخفض وضجيج الخلفية للمطياف CNRS مهمّ فالقياس غير المباشر لنشاط اليورانيوم في الماء ممكن ومتاح .

إنّ تحسيناً يُدخَلُ على مطياف غاما CNRS وبيئته ، مثل استعمال تدريع سميك يحجب جميع الإشعاعات الواردة وعزل المطياف جيداً وحماية الكاشف من التلوث ، يخفض ضجيج الخلفية للمطياف CNRS ويعيده إلى وضع مماثل لما هو مبين في الشكل (3) . ويمكن أن تجعل ، زيادة تركيز اليورانيوم في الماء الطبيعي ، استخدام المطياف CNRS ممكناً لقياس اليورانيوم فيه . ومن أجل ذلك ، يمكن إعداد نظام في المخبر الذي يحوي المطياف CNRS لتكثيف كمية من الماء الفقير باليورانيوم (  $100 \leq$  لتراً ) : مثلاً باستخدام رزمة من المرشحات  $MnO_2$  .

## ملحق:

### حساب القيم النظرية للنشاط $A_t$ الميينة في الجدول (3)

نعتمد على تعريف النشاط لحساب النشاط النظري مقدراً بالبيكريل Bq

$$A_t(\text{ Bq }) = N\lambda = 1\text{Bq} = 1 \text{ disintegration / second}$$

وبالتالي فإن :

$$N = 1 / \lambda \text{ ( s}^{-1}\text{)}$$

وبما أن كتلة الذرة  $M / N_a$  حيث  $M$  الكتلة المولية و  $N_a$  عدد أفوكادرو ، فالكتلة المقابلة لنشاط قدره 1Bq تساوي :

$$m(1\text{Bq}) = NM / N_a = M / N_a\lambda(\text{s}^{-1})$$

ولنأخذ ، مثلاً ، تركيز اليورانيوم  $10 \text{ g} / 1 = 10000 \text{ mg} / 1$  الوارد في الجدول (3) ، فنجد :

$$M / N_a\lambda(\text{s}^{-1}) \quad (\text{ g }) \quad \text{-----} \rightarrow \quad 1\text{Bq}$$

$$10 \text{ g} \quad \text{-----} \rightarrow \quad A_t$$

ومنه ، نكتب :

$$A_t = 10 N_a\lambda(\text{s}^{-1}) / M \quad (\text{ Bq})$$

ويتبدل القيم التالية :  $N_a = 6.02 \times 10^{23} \text{ atoms / mol}$  و  $\lambda = \text{Ln}2 / T$  حيث  $T$  عمر النصف Half Time لليورانيوم 238 والذي يساوي  $T = 1.42 \times 10^{17} \text{ s}$  و  $M = 238 \text{ g}$  في العلاقة السابقة ، نجد :

$$A_t = 122.6 \text{ kBq}$$

وهكذا تم حساب بقية قيم  $A_t$  المبينة في الجدول (3) .

## المراجع:

.....

- [1] MICHEL J. , MOORE W. S. and KING P. T. , 1981 , *g-Ray Spectrometry for Determination of Ra-228 and Ra-226 in Natural Water* . Anal. Chem. 53:1885-1889 .
- [2] MOORE W. S. , 1984 , *Radium Isotope Measurements Using Germanium Detectors* . Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. 223:404-411 .
- [3] MOORE W. S. , 1986 , *Tracing the Amazon Component of Surface Atlantic Water Using Ra-228 , Salinity and Silica* . J. Geophys. Res. 91 , N<sup>0</sup>. C2:2574-2580
- [4] MOORE W. S. and TOLD J. F. , 1993 , *Radium Isotopes in the Orinoco Estuary and Eastern Caribbean Sea* . J. Geophys. Res. 98 , N<sup>0</sup>. C2:2233-2244 .
- [5] COCHRAN J. K. , LIVINGSTON H. D. , HIRSCHBERG D. J. and SURPRENANT L. D. , 1987 , *Natural and Anthropogenic Radionuclide Distribution in the Northwest Atlantic Ocean* . Earth Plan. Sci. Lett. 84:135-152 .
- [6] ZOURIDAKIS N. , OCHSENKUHN K. M., SAVIDOU A.,2002,*Determination of Uranium and Radon in Potable Water Samples*, Journal of Environmental Radioactivity 61, 225-232 .
- [7] JOHN A. D. , 1995, *Analytical Chemistry Handbook* ,McGRAW-HILL, Inc.
- [8] RODIER J. , 1978 , *L'analyse de L'eau . Eaux Naturelles , Eaux Résiduelles , Eau de Mer* , 6<sup>ème</sup> édition Bordas , Paris .
- [9] *Gamma Spectrometer of CNRS. in Montpellier French City , Operating and Service Manual* .
- [10] KRANE K.S.,1988, *Introductory Nuclear Physics* , JOHN WILY and Sons ,Inc.
- [11] KORUN M. and MARTINCIC R. , 1992 , *Efficiency Calibration of Gamma Ray Spectrometers Volume-Source Geometry* . Appl. Radiat. Isotopes 43 N<sup>0</sup> 1/2 : 29-35 .
- [12] GONZALEZ J. A. , 1981 , *Methods of Low-Level Counting and Spectrometry* , I. A. E. Vienna .
- [13] BLANC D. ,1980,*Physique Nucléaire* , Masson , Paris .
- [14] KLOKE F. C. , SMITH E. T. and KAHN B. , 1965 , *The Influence of Radon Daughter Concentration in Air on Gamma Spectrometry Background* , Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. 34:61-65 .
- [15] TAYLOR G.D. ,2000,*Materials in Construction , An Introduction* , Pearson Education Limited .
- [16] PRADEL J., ZETTOOG P., DELLERO N.,BEUTIER D.,2001, *Le Polonium210 Un Repère Naturel Important en Radioprotection* , Radioprotection ,Vol.36 N<sup>0</sup>4.

- [17] OTHMAN I.,1994, *Radiations: Doses , Effects and Risks* , Atomic Energy Commission Publications , Damascus .
- [18] HUSEIN M. H. , 1981, *Nuclear Physics* , Aleppo University Publications .
- [19] SINGH P. , RANA N. P. S. , AZAM A. , NAQVI A. H. and SRIVASTAVA D. S. , 1996 , *Levels of Uranium in Waters from Some Indian Cities Determined by Fission Track Analysis* , Radiation Measurements , Vol. 26, N<sup>o</sup> 5, PP. 683-687 .