

JCE/CB

Saclay, le 15 décembre 1975

REF: SES/INTERNE/SAI-76

Réunion technique sur les méthodes d'analyse de
l'uranium. Saclay, 17-18 décembre 1975

CEA-CONF--3564

FR7607800

MESURES DES CONCENTRATIONS EN URANIUM DANS LES SOLUTIONS PAR

ABSORPTIOMETRIE GAMMA

par

J.C. EDELINE

Les absorptiomètres gamma se prêtent particulièrement bien à la mesure "en ligne" des concentrations d'éléments de Z élevés tels que l'uranium. La teneur en U total de la solution est déterminée d'après l'atténuation des gammas issus d'un radioélément à travers la cellule de mesure selon la formule :

$$I = I_0 \exp(-\mu c x)$$

I étant le flux gamma reçu par le détecteur à la concentration C
I₀ le flux gamma à la concentration nulle
μ l'épaisseur de la cellule (en cm, par exemple).

La source gamma la plus appropriée est l'Am²⁴¹ qui émet des photons de 60 keV et dont la période est de 470 ans, les détecteurs sont des scintillateurs NaI(Tl) minces associés à des photomultiplicateurs ou à des cellules à vide.

En principe, cette méthode n'est pas spécifique mais si l'on sait que la solution ne contient pas d'autres éléments lourds on est assuré d'avoir une mesure précise. Les variations incontrôlées de la composition pondérale de la matrice constituent pratiquement les seules limites de détection, car d'après la formule précédente, on peut toujours choisir x suffisamment grand pour qu'une très faible variation de concentration soit détectable ; il est possible sans précautions particulières de détecter 100mg d'U/l. Si l'acidité d'une solution nitrique augmente de 1 N on surestime la concentration en U de 1,2 g/l ; des variations importantes de composition de la matrice peuvent se traduire par de très faibles erreurs de mesures, cas de l'uranium dans des solutions contenant du K₂CO₃, du ClK et du FK. Notons qu'un rapport de WHITTAKER fait mention d'un absorptiomètre à faisceau gamma large permettant de réduire d'un facteur 10 l'influence des éléments légers.

L'activité gamma propre de l'uranium quelle que soit sa teneur isotopique n'influe pas sur les mesures, mais l'interférence des produits de fission contenus dans la solution est beaucoup plus sévère. Il est alors nécessaire de moduler le faisceau gamma afin de pouvoir séparer le signal utile du bruit de fond, pour cette raison deux types d'appareils ont été définis. L'un de conception très simple convient lorsque les activités sont inférieures au mCi/l et qu'il n'est pas à craindre que des particules insolubles actives ne se collent sur les parois, l'autre plus complexe permet d'admettre jusqu'à 50 Ci/l^{-1}

1. - ABSORPTIOMETRE GAMMA NON MODULE

Deux versions existent :

- La première version dite "Pince à Uranium" est de conception modulaire : le présentateur et le bloc source détecteurs peuvent être désaccouplés, voir photos 1 et 2, ce qui permet d'offrir aux utilisateurs un grand choix de cellules : différentes épaisseurs 0,5 à 10 cm, version haute température, cellules spéciales pour solution très agressives, etc. (photo voir 3).

L'ensemble bloc source détecteurs peut occuper deux positions par rapport au présentateur : la première correspond à la mesure, la seconde au recalage, le faisceau gamma passe alors à travers une cale étalon connue permettant le réglage de l'électronique associée. Il est à noter que ce modèle ne comporte pas de télécommande du déplacement du bloc source détecteur :

- gamme de mesure : 0,5 à 0 - 1000 g/l d'U avec 4 cellules
- seuil de détection : 0,05 g/l en utilisant la gamme 0,5 g/l

La seconde version est monobloc et le recalage est télécommandé (voir photo). L'appareil représenté s'adapte directement sur des canalisations de fort diamètre (7 cm) qui lui servent aussi de support.

L'électronique associée au photomultiplicateur comporte une haute tension et un tiroir spécialisé : amplificateur, sélecteur de bande et intégrateur analogique. Plus récemment, un ensemble numérique a été développé, il permet de s'affranchir d'éventuelle dérive de l'intégrateur analogique et contient en mémoire la courbe d'étalonnage afin d'exprimer en clair la teneur. Un effet de loupe peut être obtenu.

2. - ABSORPTIOMETRE GAMMA MODULE (voir photo 4)

Il est conçu spécialement pour effectuer des mesures de concentrations en présence d'une activité gamma intense. L'optimisation de l'épaisseur de la cellule permet d'adapter l'appareil au mieux à la concentration à mesurer ; les gammes extrêmes sont :

0 à 30 gl^{-1} d'U à ± 1 gl^{-1} jusqu'à 10 $Ciyl^{-1}$

0 à 60 gl^{-1} d'U à ± 2 gl^{-1} jusqu'à 20 $Ciyl^{-1}$

0 à 600 gl^{-1} d'U à ± 5 gl^{-1} jusqu'à 50 $Ciyl^{-1}$

La rotation de deux sources d'Am²⁴¹ (voir photo) de 300 mCi induit un flux gamma modulé à 200 Hz à travers le présentateur contenant la solution.

Ce dispositif présente l'avantage sur "le chopper" classique d'éviter une modulation supplémentaire périodique due à des modifications parasites des conditions de réflexion des gammas issus de la solution.

Le faisceau gamma modulé est alors détecté par une cellule à vide associée à un scintillateur NaI(Tl) de 1mm. Le signal périodique à 200 Hz issu du capteur est amplifié ; l'amplitude de sa composante fondamentale est mesurée au moyen d'un amplificateur synchrone piloté d'après la position du moteur, entraînant les sources tournantes. Même en présence d'une ambiance très agressive, cet absorptionmètre a la fiabilité nécessaire pour être placé en enceinte blindée. Le recalage s'effectue par la seule translation du détecteur commandée par un verin pneumatique qui peut être placé à l'extérieur de l'enceinte.

Un système de décodage permet l'affichage en clair de la concentration en U total et la sortie 0-10 V qui lui est proportionnelle est compatible avec les entrées analogiques des calculateurs de processus.

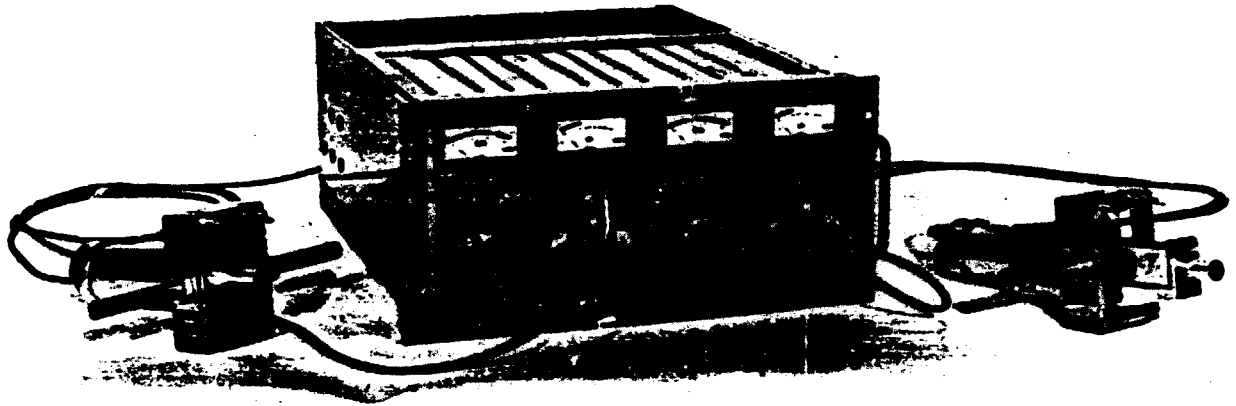


Fig. 1

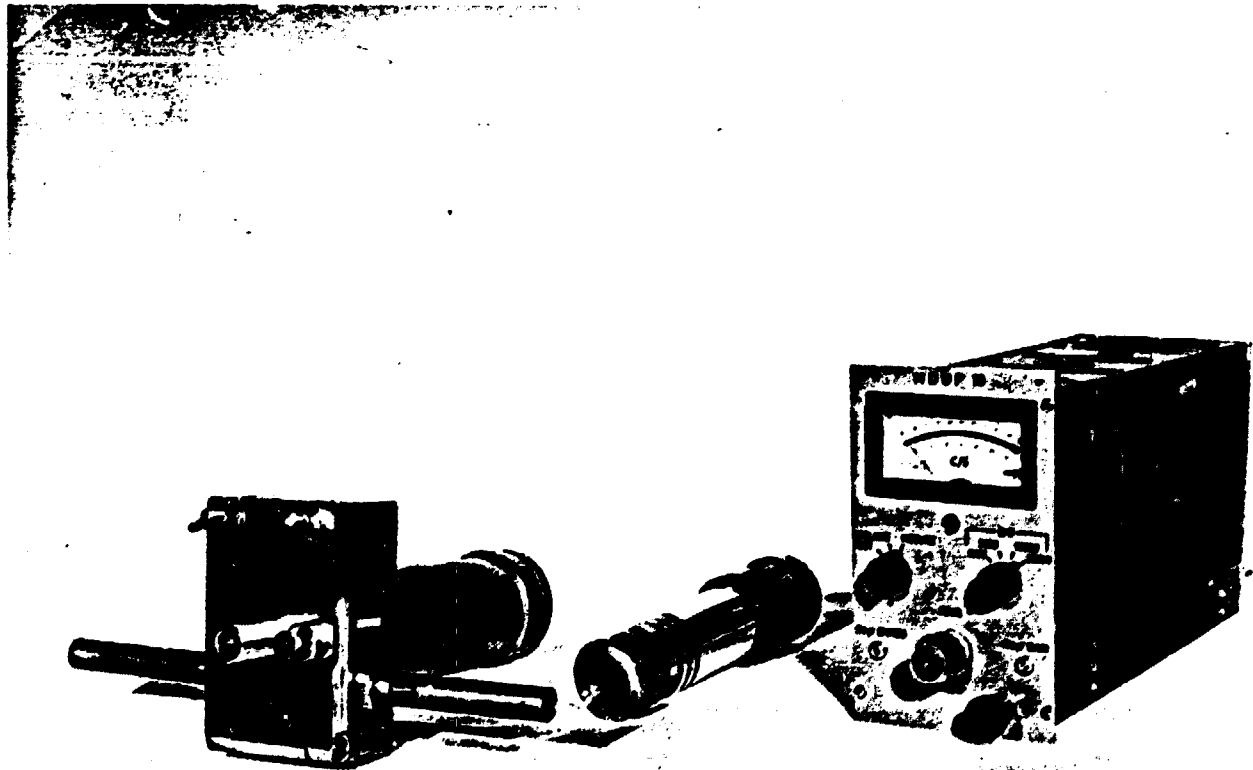


Fig. 2

