

QUELQUES RÈGLES PERMETTANT LE CHOIX
D'UN SCINTILLATEUR LIQUIDE
EN VUE D'AMÉLIORER LA QUALITÉ
DU BAS COMPAGE DES ÉMETTEURS β

par G. GERMAI
Docteur en Sciences Chimiques

RÉSUMÉ

Pour améliorer le comptage des basses activités β , il importe que la constante d'inhibition de l'échantillon, mesurée pour la solution scintillante à laquelle il est ajouté, soit la plus petite possible. Il faut aussi augmenter la concentration du 1^{er} soluté qui rend maximale l'efficacité de comptage quand le scintillateur contient un échantillon inhibiteur. Nous formulons la loi qui règle cette augmentation. Enfin il est avantageux d'ajouter au scintillateur la plus grande quantité possible de naphthalène.

I. INTRODUCTION

Le critère de qualité du comptage des basses activités s'écrit $\frac{\epsilon^2 q^2}{r_b}$ [1] où ϵ est l'efficacité de comptage, q la quantité d'échantillon introduit et r_b le bruit de fond. Le chimiste peut donc améliorer la qualité de ce comptage en choisissant les natures et concentrations des constituants du scintillateur afin de rendre l'efficacité de comptage et la quantité d'échantillon introduit les plus grandes possibles pour une même valeur du bruit de fond. Pour faire ce choix logiquement, il importe de connaître la variation de ϵ en fonction de la constitution de la solution scintillante. En supposant que l'échantillon soit suffisamment soluble dans le scintillateur, il faut aussi connaître la variation de ϵ en fonction de q . Or nous avons étudié, dans une série de travaux précédents [2, 3, 4] l'interdépendance de l'intensité de la lumière émise et de ces mêmes variables. Nous essayons donc d'abord de mettre en évidence une relation entre l'efficacité de comptage et l'intensité lumineuse.

II. RELATION ENTRE L'EFFICACITÉ DE COMPTAGE
ET L'INTENSITÉ DE LA LUMIÈRE ÉMISE

Pour des conditions d'appareillage données, un changement dans les natures et concentrations des constituants du scintillateur a pour effet de déplacer le spectre du rayonnement β . Si ce changement se traduit par une amélioration du rendement lumineux, donc par une augmentation de l'intensité lumineuse, le spectre sera déplacé vers les hautes énergies. L'activité comptée dans une fenêtre donnée et par conséquent l'efficacité de comptage seront donc plus élevées. L'efficacité est par conséquent une fonction croissante de l'intensité de la lumière émise.

Présenté par J. Govaerts, le 19 février 1970.

Nous pouvons confirmer ce raisonnement par des relations dans le cas où l'intensité lumineuse varie par la suite de l'introduction d'un échantillon inhibiteur dans le scintillateur. La loi d'inhibition déduite théoriquement et vérifiée expérimentalement par FUNT [6] s'écrit :

$$\frac{V_0}{V} = 1 + KQ \quad (1)$$

où V_0 est l'intensité de la lumière émise par le scintillateur pur, V l'intensité caractéristique du scintillateur contenant un inhibiteur à la concentration Q et K la constante d'inhibition. KERR et PENG [7, 8, 9] formulent empiriquement une autre loi d'inhibition :

$$N = N_0 e^{-K_1 Q} \quad (2)$$

où N et N_0 sont les taux de comptage respectivement en présence et en l'absence de l'échantillon inhibiteur à la concentration Q . De la loi (2) on tire :

$$\frac{\varepsilon_0}{\varepsilon} = e^{+K_1 Q} \quad (3)$$

où ε_0 et ε sont les efficacités de comptage correspondantes. De (1) et (3) il vient :

$$V = \frac{V_0}{\frac{K}{K_1} \ln \frac{\varepsilon_0}{\varepsilon} + 1} \quad (4)$$

Dans le cas très fréquent où $K_1 Q$ est plus petit que l'unité (faible diminution de l'efficacité due à l'introduction de l'inhibiteur), le développement en série de (3) donne :

$$\frac{\varepsilon_0}{\varepsilon} = 1 + K_1 Q \quad (5)$$

Nous avons vérifié expérimentalement la relation (5) dans les conditions où elle a été établie. La valeur de K_1 est différente de celle de K et dépend de la largeur de la fenêtre utilisée lors du comptage. De (1) et (5) on tire :

$$V = \frac{V_0}{\frac{K}{K_1} \left(\frac{\varepsilon_0}{\varepsilon} - 1 \right) + 1} \quad (6)$$

Les relations (4) et (6) montrent bien que l'efficacité de comptage est une fonction croissante de l'intensité de la lumière émise par le scintillateur. A l'appui de cette déduction signalons encore que, d'après BUSH et HANSEN [10], l'efficacité de comptage croît, passe par un maximum puis décroît en fonction de la concentration du premier soluté dans la solution. Or STOLZ[11] a trouvé exactement la même variation pour l'intensité lumineuse.

III. LA CONSTITUTION IDÉALE D'UN SCINTILLATEUR COMPRENANT UN SOLVANT, DEUX SOLUTÉS ET UN INHIBITEUR TRANSPARENT

Nous avons montré, dans un travail précédent [2], que la loi (1) était valable dans ce cas. Pour introduire la quantité d'échantillon inhibiteur la plus grande

possible sans trop diminuer l'intensité lumineuse, ou ce qui revient au même, l'efficacité de comptage, il faut donc que la constante d'inhibition K soit la plus petite possible. Cette règle est utile dans le cas très fréquent où l'activité peut être mesurée sous la forme de substances de compositions chimiques différentes. Nous avons montré empiriquement dans un autre travail [12] que le bas comptage du ^{14}C , effectué au moyen d'une solution de PBD et de POPOP dans du p. xylène, était meilleur lorsque l'échantillon était du borate de méthyle que lorsqu'il se composait de méthanol. Pour confirmer la règle précédente, il suffit de montrer que la constante d'inhibition du borate de méthyle mesurée pour cette solution est inférieure à celle déterminée dans les mêmes conditions pour le méthanol. Les résultats expérimentaux que voici le prouvent :

méthanol	$K = (0,184 \pm 0,016)1/\text{mole}$
borate de méthyle	$K = (0,0490 \pm 0,0085)1/\text{mole}$

Établissons maintenant les relations théoriques donnant les concentrations $A_{\text{max } Q}$ et $B_{\text{max } Q}$ du premier et du second soluté, qui rendent maximale l'intensité de la lumière émise et par conséquent l'efficacité de comptage. Le calcul montre que :

$$A_{\text{max } Q} = A_{\text{max}} \sqrt{1 + K_0 Q} \quad (7)$$

$$B_{\text{max } Q} = B_{\text{max}} \quad (8)$$

où A_{max} et B_{max} sont les concentrations du premier et du second soluté qui rendent maximale l'intensité de la lumière émise par la solution exempte d'inhibiteur. Ces concentrations peuvent être déterminées par le tracé expérimental des courbes donnant l'efficacité de comptage en fonction de la concentration de chacun des solutés. Le calcul montre également qu'elles dépendent de la nature du solvant et de celles des solutés. K_0 est l'ordonnée à l'origine de la variation de la constante d'inhibition en fonction de la concentration du premier soluté. K_0 peut donc être aussi déterminé expérimentalement. A l'appui de la relation (7), signalons que BUSH et HANSEN [10] ont trouvé expérimentalement que la concentration maximale d'utilisation du premier soluté augmentait en présence d'un inhibiteur.

IV. L'INTÉRÊT D'AJOUTER DU NAPHTALÈNE AU SCINTILLATEUR

Cet intérêt est double. D'abord nous avons montré dans un travail précédent [4] que la présence de grandes concentrations de naphthalène dans le scintillateur diminuait la constante d'inhibition de la plupart des inhibiteurs. Ensuite, dans le même travail, nous mettons en évidence l'augmentation constante de l'intensité lumineuse, donc de l'efficacité de comptage, lors de l'addition de naphthalène en concentration croissante au scintillateur exempt d'échantillon inhibiteur. Pour illustrer ces principes, nous avons calculé la constante d'inhibition de l'eau pour différents mélanges scintillants dont la constitution est décrite ci-dessous.

<i>Mélange scintillant</i>	<i>Valeur de K (1/mole)</i>
1) Dioxanne, PPO (10 g/l), POPOP (0,25 g/l)	0,1879 \pm 0,0052
2) le même mélange contenant 100 g/l de naphthalène	0,0894 \pm 0,0069
3) p. xylène (5 parties), dioxanne (5 parties), alcool éthylique (3 parties), PPO (5 g/l), POPOP (0,05 g/l), naphthalène (80 g/l)	0,1683 \pm 0,0080

C'est donc le deuxième mélange qui convient le mieux pour le comptage de l'eau puisque la constante d'inhibition de celle-ci, mesurée pour ce mélange, est la plus petite. C'est bien ce que confirment des recherches empiriques antérieures [13].

V. CONCLUSIONS

L'efficacité de comptage est une fonction croissante de l'intensité de la lumière émise par les scintillateurs liquides. Les relations (4) et (6), que nous avons établies, le montrent bien dans le cas particulier de l'inhibition des solutions scintillantes. Il en résulte que, pour améliorer la qualité du comptage de faibles activités β , il faut :

1. choisir l'échantillon inhibiteur de telle manière que sa constante d'inhibition, mesurée pour la solution scintillante à laquelle il est ajouté, soit la plus petite possible ;
2. augmenter la concentration maximale d'utilisation du premier soluté en présence d'un échantillon inhibiteur, la concentration maximale d'utilisation du second restant inchangée. La relation (7), que nous avons établie, permet de calculer cette concentration pour le premier soluté ;
3. ajouter à la solution la concentration de naphthalène la plus grande possible.

REMERCIEMENTS

Messieurs les Professeurs DESREUX, DUYCKAERTS, DIEU et GOVAERTS ont accepté de m'accorder de longs et fructueux entretiens. Qu'ils me permettent de les remercier vivement pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce travail.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] R. LOEVINGER et M. BERMAN, *Nucleonics*, **9**, n° 1 (1951), 26.
- [2] G. GERMAI, *Radiochemical and Radioanalytical Letters* (sous presse), (1970).
- [3] G. GERMAI (publication incessante), (1970).
- [4] G. GERMAI, *Radiochemical and Radioanalytical Letters* (sous presse), (1970).
- [5] G. GERMAI, *Bull. Soc. Royale Sciences Liège* (sous presse), (1970).
- [6] B. L. FUNT et A. HETHERINGTON, *Intern. J. Appl. Radiation and Isotopes*, **13** (1962), 215.
- [7] V. N. KERR, F. N. HAYES et D. G. OTT, *Intern. J. Appl. Radiation and Isotopes*, **1** (1957), 284.
- [8] C. T. PENG, *Liquid Scintillation Counting*, Pergamon Press, London (1958), 198.
- [9] C. T. PENG, *Anal. Chem.*, **32** (1960), 1292.
- [10] E. T. BUSH et D. L. HANSEN, S.T.I-PUB-106 (1966), 395.
- [11] W. STOLZ, *Kernenergie*, **5**, n° 9 (1962), 668.
- [12] M. CUYPERS, H. DUQUESNE, G. GERMAI, J. GOVAERTS, G. GUEBEN et J. MICHIELS, *Ann. Soc. Scient. Bruxelles*, **76** (1962), 115.
- [13] Rapport annuel, Contrat Laboratoire d'Application des Radioéléments Université de Liège, *Euratom, 095-64-II R.I.S.B.* (1966).

*Laboratoire d'Application des Radioéléments
Université de Liège, Belgique*