



ÉVOLUTION DE LA COMPOSITION CHIMIQUE D'ACIERS INOXYDABLES SOUS IRRADIATION PAR LES NEUTRONS RAPIDES

L. Boulanger, H. Lorant, M. Hugon

► To cite this version:

L. Boulanger, H. Lorant, M. Hugon. ÉVOLUTION DE LA COMPOSITION CHIMIQUE D'ACIERS INOXYDABLES SOUS IRRADIATION PAR LES NEUTRONS RAPIDES. Journal de Physique Colloques, 1984, 45 (C2), pp.C2-837-C2-840. 10.1051/jphyscol:19842192 . jpa-00223868

HAL Id: jpa-00223868

<https://hal.science/jpa-00223868>

Submitted on 4 Feb 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ÉVOLUTION DE LA COMPOSITION CHIMIQUE D'ACIERS INOXYDABLES SOUS IRRADIATION PAR LES NEUTRONS RAPIDES

L. Boulanger, H. Lorant et M.P. Hugon

CEA, Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay, Département de Technologie, SRMA, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

Résumé - Dans des aciers inoxydables irradiés par les neutrons rapides à fort flux, le nickel migre depuis la matrice vers les précipités et la zone entourant les cavités.

Abstract - In high flux fast neutrons irradiated stainless steels, nickel migrates from matrix towards precipitates and region surrounding voids.

Dans les réacteurs surgénérateurs, les lacunes et les interstitiels en grand nombre créent une évolution microstructurale différente de celle due à un effet purement thermique. En particulier, des cavités se forment qui provoquent le gonflement. Simultanément, des différences de composition chimique apparaissent dans les précipités et la matrice.

Notre but est de mettre en évidence l'effet de l'irradiation par rapport à l'effet thermique. En conséquence, des alliages irradiés pendant le même temps et à des flux croissants ont été étudiés. Il s'agit de deux aciers inoxydables, A et B, irradiés à 600 ± 5 °C, dans l'état écroui 20 %, pendant ≈ 1 an qui ont été choisis en raison d'un gonflement différent.

Une étude antérieure par microscopie électronique conventionnelle à transmission a montré une microstructure très différente [1]. Dans ce qui suit nous présentons les résultats de l'analyse chimique locale de la matrice (près et loin des cavités) ainsi que des précipités.

METHODE EXPERIMENTALE

Les observations sont effectuées dans un microscope à balayage par transmission SIEMENS CT 150 (à 150 kV), équipé d'un analyseur TRACOR. La composition est déduite des intensités de chaque élément à l'aide de la méthode du quotient (correction de numéro atomique) avec le fer comme élément de référence. Les constantes sont déterminées à partir de la composition chimique connue de l'alliage A. L'activité des échantillons se manifeste par un signal de manganèse intense et un plus faible de chrome. Ce spectre est accumulé en mémoire et soustrait après chaque acquisition du spectre dû aux électrons. La présence de ce spectre perturbe le dosage du manganèse dans les échantillons irradiés aux fortes fluences. Nous donnons dans le tableau I, les intensités des signaux utiles dans le spectre parasite et le spectre dû aux électrons après soustraction du spectre parasite.

TABEAU I

	Fe	Cr	Mn	Ni	Si	Mo	0-20 keV
Signal dû aux électrons	49926	16248	4282	9359	2706	1270	130035
Signal parasite	469	307	4604	32	51	18	6688

Un inconvénient majeur de notre équipement résulte d'une contamination par le silicium. De ce fait, les mesures de composition des matrices (loin et au voisinage des cavités) sont effectuées en fixant arbitrairement la teneur en Si à 0,3 %. Quant aux précipités, nous donnons les valeurs avec Si mesuré (étoiles sombres) et Si fixé à 0,3 % (étoiles claires).

RESULTATS EXPERIMENTAUX

La composition de la matrice (tableau II) de l'alliage A présente à faible flux une décroissance de la teneur en molybdène. A flux intense, dans les deux alliages, on mesure une décroissance de la concentration en nickel compensée par une augmentation du chrome et du fer.

Les cavités qui apparaissent à fort flux (fig. 1 et 2) sont entourées d'une matrice très enrichie en nickel. Les figures 3 et 4 permettent d'apprécier la dispersion des résultats.

Alliage	traitement	Fe	Cr	Mn	Ni	Mo
A	Etat initial	64,8 $2\sigma = 1,7$	16,8 0,8	1,5 1	13,7 0,9	2,8 0,6
	$3,9 \cdot 10^{-7}$ dpaF.s ⁻¹	67,3 1,7	16,4 1,2	1,2 0,4	13,6 2,5	1,2 0,4
	$6,4 \cdot 10^{-7}$ dpaF.s ⁻¹	67,0 2,5	16,6 1,4	1,0 -	13,8 3,2	1,3 0,3
	$11,4 \cdot 10^{-7}$ dpaF.s ⁻¹	66,2 3,0	18,0 2,2	1,0 0,5	12,8 3,3	1,7 1,0
	$18,4 \cdot 10^{-7}$ dpaF.s ⁻¹	68,2 3,0	18,0 1,7	0,4 1,0	11,25 4,5	1,9 0,7
B	Etat initial	66,1 1,2	17,0 1,2	1,5 0,6	13,0 0,9	2,0 0,5
	$3 \cdot 10^{-7}$ dpaF.s ⁻¹	66,2 2,0	17,2 1,5	1,4 0,7	13,2 1,8	1,7 0,4
	$21,8 \cdot 10^{-7}$ dpaF.s ⁻¹	67,3 2,0	18,3 1,8	1,0 0,9	11,1 3,8	1,9 0,5

TABLEAU II

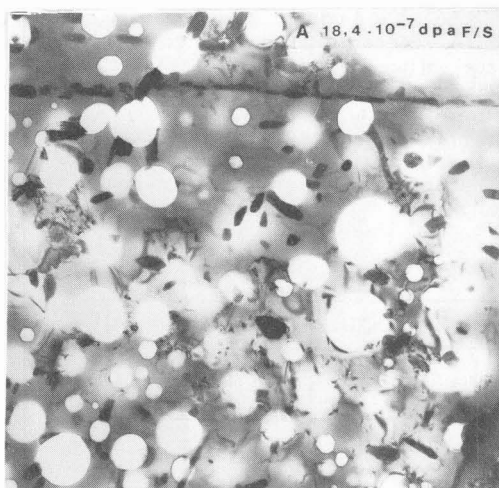


FIGURE 1



FIGURE 2

500nm

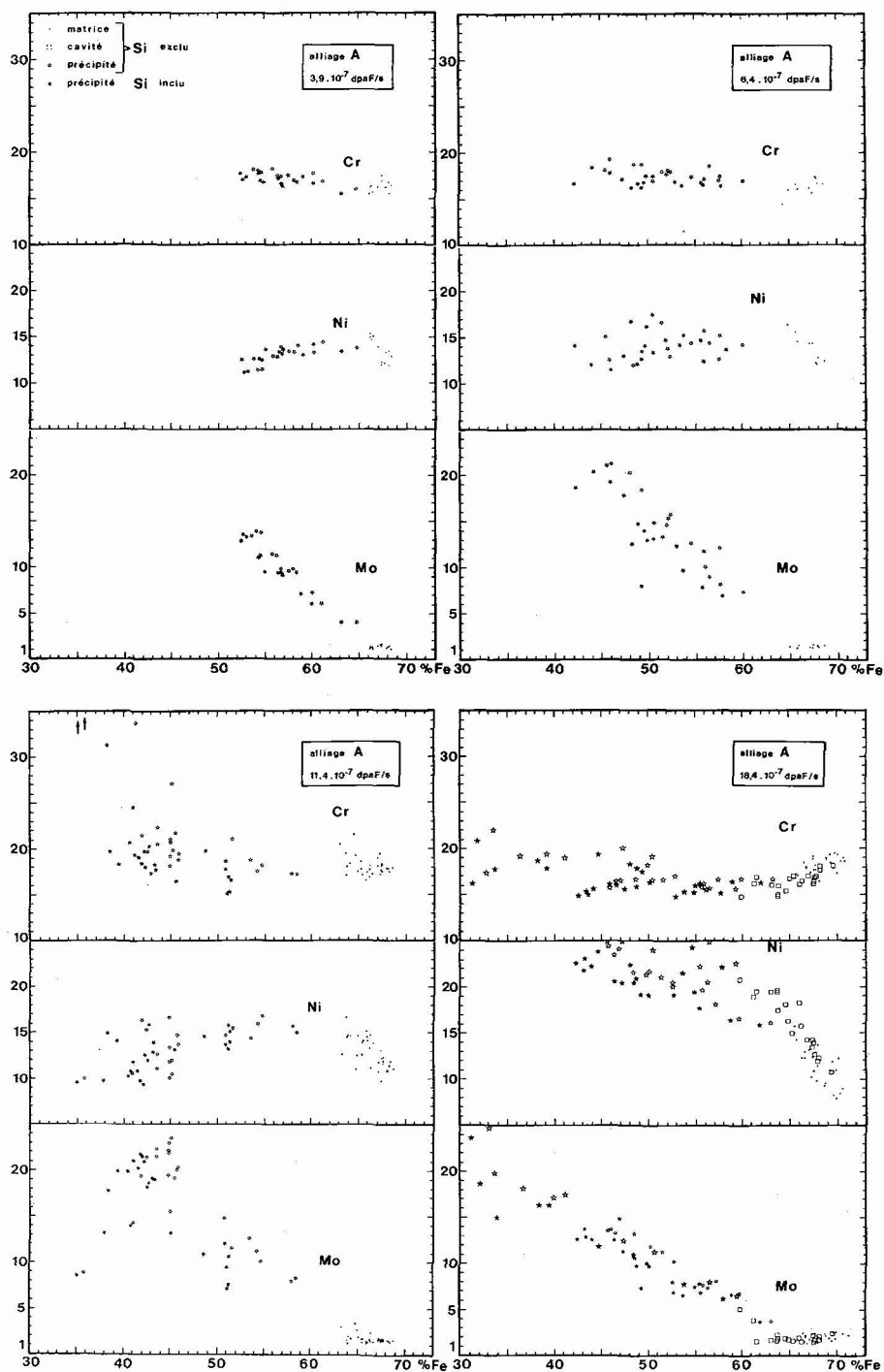


FIGURE 3

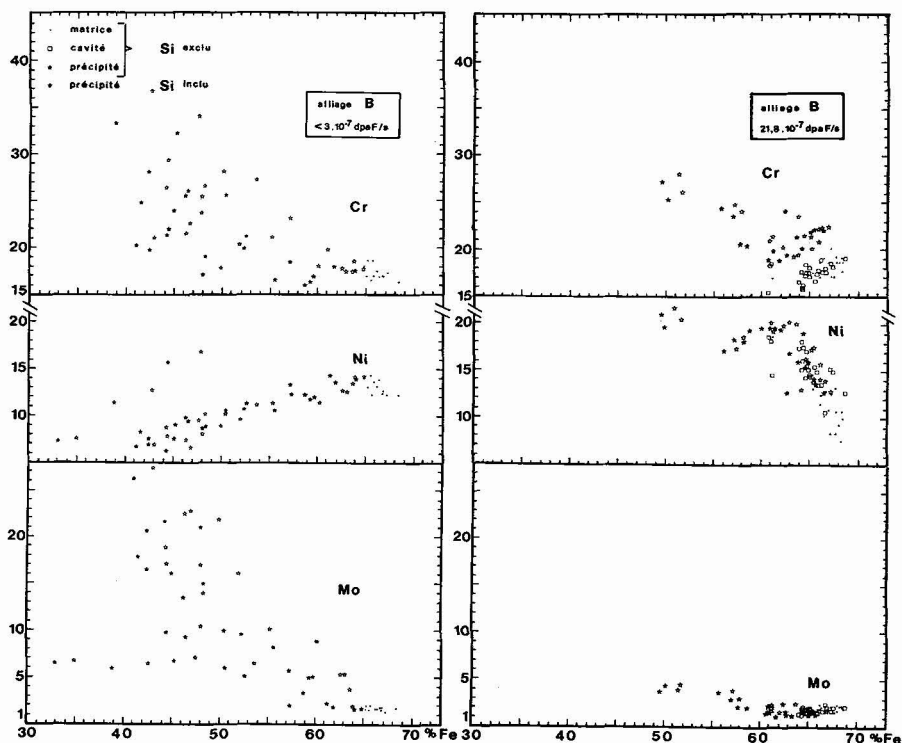


FIGURE 4

La structure de précipitation est transgranulaire dans A (fig. 1) et intergranulaire dans B (fig. 2).

Dans l'alliage A, l'examen des courbes de la figure 3, montre des différences entre les trois flux faibles et le flux intense. Pour les premiers, les teneurs en chrome ($\approx 17\%$) et nickel ($\approx 14\%$) sont, en moyenne, identiques à la composition de la matrice. Par contre, pour le flux intense, la teneur en nickel présente une dispersion très grande dans le sens d'une augmentation jusque 25% . Le chrome quant à lui montre deux types d'évolutions : il s'agit d'une part, d'une décroissance par rapport à la matrice (majorité des précipités) et d'une augmentation, d'autre part. Ces variations sont associées à des teneurs en fer respectivement de l'ordre de 45% et 20% et correspondent à deux familles de précipités. Dans B, le nickel évolue de manière identique et le Mo est mis en solution par le flux intense.

CONCLUSION

A flux intense, l'évolution de la matrice est identique dans les deux alliages. Près des cavités, elle s'enrichit en nickel et s'appauvrit en chrome et fer. Loin des cavités, on observe une décroissance de la teneur en nickel. Le molybdène, par contre, est en concentration identique dans l'ensemble de la matrice. La précipitation bien que différente dans A et B présente néanmoins un caractère commun qui est l'enrichissement en nickel des précipités, à flux élevé. Les précipités de l'alliage A sont dus à la teneur initiale en molybdène de cet élément. Pour ce qui est du problème du gonflement, nous retiendrons que le nickel est l'élément instable à fort flux. La ségrégation de nickel peut s'expliquer par une diffusion lente de cet élément. Ainsi, les lacunes migrent par échange privilégié avec les atomes de chrome et de fer et créent l'enrichissement en nickel des puits de lacunes.