

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :

(A n'utiliser que pour les
commandes de reproduction).

2 471 420

A1

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

(21)

N° 80 25324

(54) Acier non magnétique pour dispositifs destinés à être utilisés à des températures extrêmement basses et dans un champ magnétique intense.

(51) Classification internationale (Int. Cl. ³). C 22 C 38/38 // G 21 B 1/00; H 01 L 39/00; H 02 K 55/00.

(22) Date de dépôt..... 28 novembre 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : Japon, 10 décembre 1979, n° 159109/1979.

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 25 du 19-6-1981.

(71) Déposant : Société dite : THE JAPAN STEEL WORKS, LTD., résidant au Japon.

(72) Invention de : Keizo Ohnishi, Ritsu Miura et Kunio Teshirogi.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Plasseraud,
84, rue d'Amsterdam, 75009 Paris.

Acier non magnétique pour dispositifs destinés à être utilisés à des températures extrêmement basses et dans un champ magnétique intense.

La présente invention concerne un acier non magnétique pour dispositifs destinés à être utilisés à des températures extrêmement basses et dans un champ magnétique intense.

5 Plus particulièrement, l'invention concerne un acier non magnétique ayant une bonne stabilité de l'austénite et d'excellentes propriétés de résistance mécanique, de ténacité et de ductilité à une température extrêmement basse sans addition de nickel.

10 Les récents progrès technologiques dans le domaine des réacteurs de fusion nucléaire, des véhicules à lévitation magnétique, des générateurs superconducteurs ou des moteurs superconducteurs sont très importants. Dans de tels dispositifs, les superconducteurs doivent
15 être refroidis à une température extrêmement basse voisine de celle de l'hélium liquide (4,2 K) pour que le phénomène de superconduction apparaisse et les structures périphériques qui les supportent sont nécessairement utilisées à des températures extrêmement basses.

20 Il est nécessaire que les matériaux constituant ces dispositifs soient non magnétiques, car on les utilise dans un champ magnétique intense et ils doivent ne pas perdre leur caractère non magnétique par suite de la transformation martensitique athermique ou d'une
25 transformation provoquée par les déformations, telles que les déformations plastiques, subies lors de la fabrication ou de l'emploi.

Bien que les aciers inoxydables austénitiques tels que les aciers SUS304 et SUS316 des normes japonaises industrielles, utilisés dans l'art, présentent
30 une ténacité et une ductilité excellentes aux basses

températures, l'austénite est instable et présente facilement une transformation martensitique sous l'effet d'une déformation plastique à basse température et perd son caractère non magnétique. De plus, ces aciers
5 inoxydables austénitiques contiennent une quantité importante de nickel coûteux et leur limite élastique ne s'accroît que faiblement même lorsqu'on les refroidit à une température extrêmement basse, qui illustre les inconvénients qu'ils présentent du point de vue de
10 l'économie et de la conception.

L'invention a pour objet un nouvel acier de construction non magnétique et économique pour dispositifs destinés à être utilisés à des températures extrêmement basses et dans un champ magnétique intense, possédant
15 d'excellentes propriétés de résistance mécanique, de ténacité à basse température et de stabilité de l'austénite, et contenant comme éléments alliés principaux du manganèse, du chrome et de l'azote.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description détaillée qui suit faite en regard des dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est un graphique montrant les effets de la teneur en carbone sur les propriétés de traction à la température ordinaire et à -196°C d'un
25 acier à 35 % de Mn, 7 % de Cr et 0,1 % de N que l'on a soumis à un traitement thermique de dissolution après laminage à chaud ;

- la figure 2 est un graphique montrant les effets de la teneur en manganèse sur les propriétés de traction à la température ordinaire et à -196°C d'un
30 acier à 0,1 % de C, 7 % de Cr et 0,16 % de N que l'on a soumis à un traitement thermique de dissolution après laminage à chaud ;

- la figure 3 illustre les effets de la teneur en chrome sur les propriétés de traction à la température ordinaire et à -196°C d'un acier à 0,1 % de C,

30 % de Mn et 0,16 % de N que l'on a soumis à un traitement thermique de dissolution après laminage à chaud;

- la figure 4 montre les effets de la teneur en chrome sur l'énergie absorbée dans un essai sur éprouvette Charpy à entaille en V de 2 mm à 0°C et à -196°C d'un acier à 0,1 % de C, 30 % de Mn et 0,16 % de N que l'on a soumis à un traitement thermique de dissolution après laminage à chaud ;

- la figure 5 montre les effets de la teneur en azote sur les propriétés de traction à la température ordinaire et à -196°C d'un acier à 0,1 % de C, 35 % de Mn et 7 % de Cr que l'on a soumis à un traitement thermique de dissolution après laminage à chaud ; et

- la figure 6 montre les effets de la teneur en azote sur l'énergie absorbée dans un essai sur éprouvette Charpy à entaille en V de 2 mm à 0°C et à -196°C d'aciers à (0,1-0,3) % de C, 35 % de Mn et 7 % de Cr que l'on a soumis à un traitement thermique de dissolution après laminage à chaud.

L'invention va maintenant être décrite de façon détaillée.

L'invention est le résultat de diverses expériences et recherches de la demanderesse. On sait que le nickel, le manganèse, le cuivre, le carbone et l'azote sont des éléments formateurs d'austénite ; parmi ces éléments, le nickel et le cuivre sont désavantageux en ce que le premier est très coûteux et le second a des effets nuisibles importants sur l'usinabilité à chaud. Le chrome est un élément formateur de ferrite mais il est connu pour son effet de stabilisation de l'austénite.

On a donc recherché une composition chimique correspondant à une gamme telle qu'il ne se forme pas de ferrite delta lors du stade de solidification et qu'on obtienne de l'austénite stable pour un acier contenant du manganèse, du carbone, de l'azote et du

chrome mais pas de nickel. On a ensuite étudié les effets de ces éléments sur les propriétés mécaniques à basse température pour la gamme de composition déterminée. La demanderesse a ainsi découvert un acier
5 non-magnétique présentant une bonne stabilité de l'austénite et d'excellentes propriétés de ténacité, de ductilité et de résistance mécanique à basse température.

La gamme des compositions chimiques de l'acier
10 non magnétique de l'invention est la suivante :

C	0,08 - 0,45 %	N	0,08 - 0,30 %
Si	1,0 % ou moins	Ni	0,5 % ou moins
Mn	27 - 45 %	Mo	0,5 % ou moins
Cr	4 - 13 %	le reste étant du fer et des	

15 impuretés inévitables.

Tous les pourcentages de la gamme de composition ci-dessus sont exprimés en poids, et il en est de même dans la description qui suit.

Les raisons pour lesquelles on limite dans les
20 gammes indiquées les proportions des éléments constitutifs de l'acier de l'invention sont les suivantes.

(1) Carbone : 0,08-0,45 %.

Le carbone est un élément puissant de formation de l'austénite et il provoque un renforcement remarquable de l'acier. Cependant, une addition excessive
25 doit être évitée par suite de l'altération de la ténacité et de la ductilité à basse température.

La figure 1 est un graphique montrant les effets de la teneur en carbone sur les propriétés de
30 traction à la température ordinaire et à -196°C d'un acier à 35 % de manganèse, 7 % de chrome et 0,10 % d'azote que l'on a soumis à un traitement thermique de dissolution après laminage à chaud. A la température ordinaire et à -196°C, la limite élastique (0,2 %) et
35 la résistance à la traction s'élèvent lorsque la teneur en carbone augmente. D'autre part, l'allongement tend

à s'élever avec l'augmentation de la teneur en carbone à la température ordinaire tandis qu'à -196°C , la ductilité et la ténacité diminuent nettement par suite d'une précipitation de carbure de chrome (Cr_{23}C_6) sur les joints de grain lorsque la teneur en carbone dépasse 0,45 %.

Pour les raisons précédemment indiquées, on fixe la limite supérieure de la teneur en carbone à 0,45 %. On fixe d'autre part la limite inférieure de la teneur en carbone à 0,08 % en raison des nécessités de la résistance mécanique et de l'équilibre avec la teneur en azote comme indiqué ci-après.

(2) Silicium : 1,0 % ou moins.

Le silicium est nécessaire comme élément de désoxydation pour l'affinage de l'acier. Comme son addition à des teneurs supérieures à 1,0 % nuit à la ténacité et à la ductilité de l'acier ainsi qu'à la stabilité de l'austénite, la limite supérieure est fixée à 1,0 %. Il n'existe pas de limite inférieure particulière.

(3) Manganèse : 27-45 %.

Le manganèse constitue avec le nickel un élément caractéristique formateur d'austénite. Une des caractéristiques de l'acier de l'invention est qu'il ne contient pas de nickel coûteux, que l'austénite est entièrement stabilisé par addition d'une grande quantité de manganèse et que les teneurs en carbone et en azote qui nuisent à la ténacité et à la ductilité à basse température sont fixées aux valeurs les plus basses possibles. La figure 2 est un graphique montrant l'effet de la teneur en manganèse sur les propriétés de traction à la température ordinaire et à -196°C d'acier à 0,10 % de carbone, 7 % de chrome et 0,16 % d'azote que l'on a soumis à un traitement thermique de dissolution après laminage à chaud. A la température ordinaire, la teneur en manganèse a peu d'ef-

fet sur la limite élastique (0,2 %) tandis que la résistance à la traction diminue lorsque la teneur en manganèse augmente. L'allongement devient maximal au voisinage d'une teneur en manganèse de 30 %. A -196°C, la limite élastique (0,2 %) s'améliore lorsque la teneur en manganèse augmente pour atteindre un plateau à 25 %. De façon semblable, la résistance à la traction s'accroît avec la teneur en manganèse jusqu'à 25 % puis tend à diminuer lorsque la teneur en manganèse dépasse 25 %. L'allongement à -196°C s'accroît rapidement pour l'intervalle des teneurs en manganèse de 25 à 30 %, puis diminue légèrement lorsque la teneur en manganèse dépasse 30 %. En ce qui concerne la stabilité de l'austénite, la perméabilité des aciers ayant des teneurs en manganèse de 20 % et de 25 % s'élève par transformation martensitique magnétique lors de la déformation par traction à -196°C. Cependant, on n'observe pas d'accroissement de la perméabilité à la surface de rupture d'éprouvettes de traction rompues à -196°C lorsque la teneur en manganèse est supérieure à 30 %.

Pour les raisons précédemment exposées, la teneur en manganèse est fixée entre 27 et 45 %.

(4) Chrome : 4-13 %.

Le chrome est un élément formateur de ferrite mais également il stabilise et renforce l'austénite lorsqu'on en ajoute une quantité appropriée à un acier contenant une quantité importante de manganèse. La figure 3 montre l'effet de la teneur en chrome sur les propriétés de traction à la température ordinaire et à -196°C d'un acier à 0,10 % de carbone, 30 % de manganèse et 0,16 % d'azote que l'on a soumis à un traitement thermique de dissolution après laminage à chaud. La limite élastique (0,2 %) s'élève légèrement lorsque la teneur en chrome augmente à la température ordinaire et à -196°C. La teneur en chrome n'a

pratiquement pas d'effet sur la résistance à la traction à la température ordinaire mais à -196°C la résistance à la traction s'accroît fortement lorsque la teneur en chrome s'élève jusqu'à 5 %, après quoi l'élévation de la courbe devient plus modérée. Bien que l'allongement à la température ordinaire dépende peu de la teneur en chrome jusqu'à 10 %, il commence à diminuer lorsque la teneur en chrome dépasse 10 %. Au contraire, l'allongement à -196°C s'accroît fortement lorsque la teneur en chrome s'élève de 0 à 5 %, puis tend à diminuer légèrement lorsque la teneur en chrome est égale ou supérieure à 5 %.

La figure 4 montre l'effet de la teneur en chrome sur l'énergie absorbée dans l'essai sur éprouvette Charpy à entaille en V de 2 mm à 0°C et à -196°C d'acier à 0,10 % de carbone, 30 % de manganèse et 0,16 % d'azote que l'on a soumis à un traitement thermique de dissolution après laminage à chaud. A 0°C , l'énergie absorbée dans l'essai Charpy diminue lorsque la teneur en chrome augmente tandis qu'à -196°C elle atteint un maximum dans l'intervalle de 5 à 10 % de chrome.

Cependant, ces tendances varient selon la teneur en manganèse et à basse température, la ténacité d'un acier ayant une teneur en manganèse comprise entre 27 et 45 % diminue rapidement lorsque la teneur en chrome est supérieure à 13 %.

Pour les raisons précédemment exposées, la teneur en chrome de l'acier de l'invention est fixée entre 4 et 13 %.

(5) Azote : 0,08-0,30 %.

L'azote est un élément puissant de formation de l'austénite ainsi qu'un élément puissant de renforcement. Lorsqu'on le compare au carbone, les effets indésirables sur les propriétés mécaniques tels qu'une précipitation de carbure sur les joints de grains sont nettement moindres. De plus, il ressort

aisément de la comparaison des figures 1 et 5 que pour les mêmes teneurs (% en poids), l'action de l'azote sur la résistance mécanique, en particulier sur la limite élastique (0,2 %), est à peu près la même que
5 l'action du carbone à la température ordinaire, mais qu'elle est environ 3 fois supérieure à celle du carbone à -196°C. Donc, l'addition d'azote est très efficace pour renforcer l'acier sans altérer la ténacité. Cependant, une addition excessive nuit à la ténacité
10 et à la ductilité en particulier à basse température et doit donc être évitée.

La figure 5 illustre l'effet de la teneur en azote sur les propriétés de traction à la température ordinaire et à -196°C d'acier à 0,10 % de carbone,
15 35 % de manganèse et 7 % de chrome que l'on a soumis à un traitement thermique de dissolution après laminage à chaud. Les variations des propriétés de traction dues à l'accroissement des teneurs en azote présentent les mêmes tendances à la température ordinaire
20 et à -196°C. En d'autres termes, l'accroissement de la teneur en azote s'accompagne d'une augmentation de la limite élastique (0,2 %) et de la résistance à la traction tandis que l'allongement diminue. Lorsqu'on compare les effets de l'azote sur la résistance méca-
25 nique à la température ordinaire et à -196°C, on voit que l'effet de renforcement de l'azote à -196°C est 3 à 4 fois supérieur à celui qu'il exerce à la température ordinaire.

La figure 6 illustre les effets de la teneur en azote sur l'énergie absorbée dans un essai sur éprouvette Charpy à entaille en V de 2 mm à 0°C et à -196°C
30 d'aciers à 0,1-0,3 % de carbone, 35 % de manganèse et 7 % de chrome que l'on a soumis à un traitement thermique de dissolution après laminage à chaud. A 0°C,
35 l'effet de la teneur en azote sur l'énergie absorbée dans l'essai Charpy n'est pas très notable tandis

qu'à -196°C , l'énergie absorbée lors de l'essai Charpy varie peu avec la teneur en azote jusqu'à 0,15 %, tandis que la courbe descend lorsque la teneur en azote dépasse 0,15 %.

- 5 Donc, la teneur en azote de l'acier de l'invention a été fixée entre 0,08 et 0,30 % pour des raisons relatives à l'équilibre avec la teneur en carbone, à la résistance et à la ténacité.

(6) Nickel : 0,5 % ou moins.

- 10 Le nickel est un élément puissant de formation de l'austénite mais il est très coûteux. Comme dans l'acier de l'invention, l'addition de nickel jusqu'à une teneur de 10 % n'a pas d'effet important, on n'ajoute pas de nickel. Cependant, la limite supérieure
15 a été fixée à 0,5 % en raison des possibilités d'introduction de nickel dans l'acier à partir des ferrailles.

(7) Molybdène : moins de 0,5 %.

- Le molybdène stabilise et renforce la phase austénitique mais il altère la ténacité et la ductilité.
20 Il est plus coûteux que le nickel. Bien qu'en règle générale, on n'ajoute pas de molybdène à l'acier de l'invention, car la combinaison des autres éléments assure l'obtention d'une phase austénitique suffisamment stable et d'une résistance mécanique suffisante,
25 la limite supérieure a été fixée à 0,5 % pour les mêmes raisons que dans le cas du nickel.

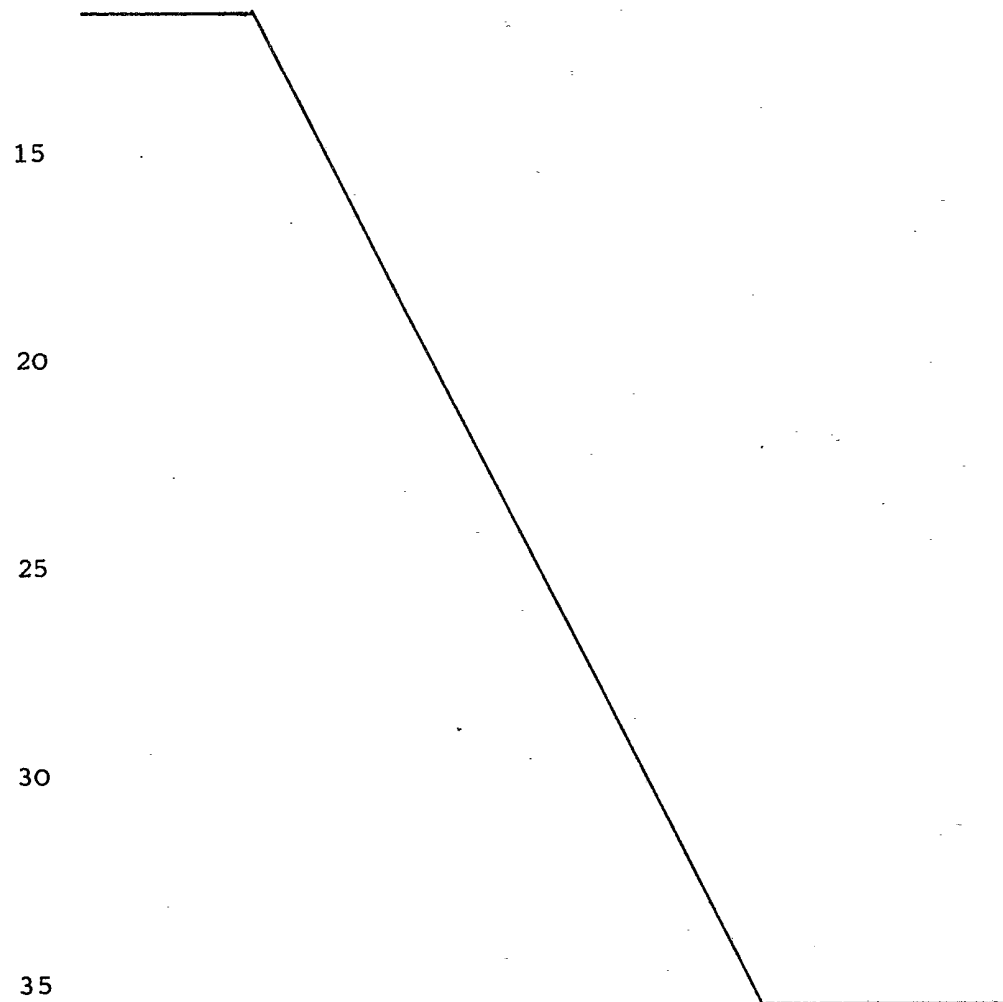
- La composition chimique de l'acier de l'invention a été déterminée à partir de l'évaluation globale du
30 résultat des essais et à partir des raisons exposées.

- Les caractéristiques de l'acier de l'invention vont maintenant être illustrées plus en détail par des exemples non limitatifs. Le tableau 1 montre la composition chimique des matériaux étudiés. Les matériaux étudiés à titre comparatif sont les aciers inoxydables austénitiques SUS304 et 316 et l'acier aus-
35

ténitique Mn-Cr-N ASTM A-240 type xM31.

Le tableau 2 montre les propriétés de traction à la température ordinaire, à -196°C et à -269°C (4 K) et la perméabilité magnétique au voisinage de la partie rompue d'éprouvettes de traction. Les propriétés de traction à la température ordinaire de l'acier de l'invention sont approximativement les mêmes que celles de l'acier inoxydable austénitique. Un acier A-240 type xM31 présente une limite élastique (0,2 %) extrêmement élevée qui est environ double de celle des autres matériaux. A -196°C , la limite élastique (0,2 %) de l'acier de l'invention atteint environ 70 kg/mm^2 et l'allongement n'est que légèrement plus faible. Même à -269°C , l'allongement et la diminution de surface supérieure à 45 % sont conservés. D'autre part, l'acier SUS304 ne présente qu'une très faible élévation de la limite élastique (0,2 %) lorsque la température s'abaisse. La limite élastique (0,2 %) de l'acier SUS 316 à -196°C est environ à mi-chemin entre celle de l'acier de l'invention et de l'acier SUS304. Dans le cas de l'acier A240 type xM31, la limite élastique (0,2 %) est extrêmement élevée mais l'allongement et la diminution de la surface sont remarquablement faibles. La perméabilité magnétique de l'acier de l'invention au voisinage de la partie rompue d'échantillons de traction cassés à -269°C est très faible (1,001), ce qui indique que l'austénite est très stable. La perméabilité de l'acier SUS 304 s'élève même par déformation à la température ordinaire tandis que l'acier SUS316 est comparativement stable à la température ordinaire. Cependant, la perméabilité magnétique de ce dernier acier s'élève lorsqu'on le déforme à -196°C . L'acier A240 type xM31 a une austénite comparativement stable, mais il a pour défaut que sa ductilité s'abaisse considérablement aux températures basses, comme précédemment indiqué.

Le tableau 3 montre les résultats de l'essai de choc Charpy sur éprouvette à entaille en V de 2 mm à 0°C et à -196°C. Les valeurs entre parenthèses du tableau sont les perméabilités magnétiques au voisinage de la surface de rupture des éprouvettes Charpy. La ductilité à basse température de l'acier de l'invention est environ la même que celles des aciers inoxydables austénitiques SUS304 et 316. La structure de l'austénite de l'acier A240 type XM31 est stable, mais la résistance au choc diminue considérablement lorsque la température s'abaisse.



T A B L E A U 1

Composition chimique des matériaux utilisés

Acier		Composition chimique (% en poids)									
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	Mo	N
Acier de l'in-vention	A	0,10	0,50	39,5	0,020	0,004	—	6,79	0,07	—	0,155
	B	0,19	0,59	36,6	0,018	0,010	—	6,90	0,12	—	0,103
	C	0,11	0,50	31,3	0,019	0,005	—	6,89	0,11	—	0,161
SUS 304		0,036	0,54	1,19	0,020	0,009	10,02	18,42	0,08	—	—
SUS 316		0,039	0,53	1,13	0,018	0,009	12,00	16,62	0,10	2,46	—
A240 Type XM31		0,09	0,63	15,6	0,030	0,003	—	17,11	0,09	—	0,427

TABLEAU 2

Résultats des essais de traction

Acier	Température de l'essai	Propriétés de traction				Pénétrabilité magné- tique près de la surface de rupture (à 7,96 A/m, soit 100mOe)
		(0.2%) limite élastique (N/mm ² × 10 ⁶)	Résistance à la traction (N/mm ² × 10 ⁶)	Allongement (%)	Diminution de la surface (%)	
Acier de l'in- ven- tion	température ordinaire	269,77	561,13	44,1	66,5	1,001
	- 196 °C	680,81	1115,40	43,6	57,2	1,001
	température ordinaire	290,37	598,41	55,4	77,4	1,001
B	- 196 °C	706,32	1149,73	56,1	65,1	1,001
	- 269 °C	915,27	1525,45	51,1	57,6	1,001
	température ordinaire	260,94	586,64	67,1	73,1	1,001
C	- 196 °C	702,39	1215,50	55,7	53,3	1,001
	- 269 °C	935,87	1560,77	51,7	49,5	1,001
	température ordinaire	203,06	560,15	65,2	72,4	1,28
SUS 304	- 196 °C	309,01	1427,35	41,2	51,6	3,60
SUS 316	température ordinaire	224,65	5670,18	60,1	70,4	1,015
	- 196 °C	530,72	1330,24	51,1	56,5	3,52
A 240 - Type XM31	température ordinaire	475,78	825,02	52,0	69,4	1,001
	- 196 °C	1177,2	1527,42	6,6	6,2	1,016

TABLEAU 3

Résultat des essais sur éprouvette Charpy
à entaille en V de 2 mm.

5	Acier		Energie absorbée (joules) '1)				
Température de l'acier							
10			0°C	- 50°C	- 100°C	- 150°C	- 196°C
15	Acier de l'invention	A	170,69 (1,001)	174,62 (1,001)	158,92 (1,001)	144,21 (1,001)	120,66 (1,001)
		B	211,90 (1,001)	192,27 (1,001)	199,14 (1,001)	165,79 (1,001)	141,26 (1,001)
		C	213,86 (1,001)	197,18 (1,001)	175,60 (1,001)	147,15 (1,001)	140,28 (1,001)
20	SUS 304		164,81 (1,11)	157,94 (1,46)	151,07 (1,82)	158,92 (1,94)	140,28 (2,00)
	SUS 316		169,71 (1,003)	160,88 (1,016)	150,09 (1,18)	154,01 (1,30)	128,51 (1,44)
	A240- TypeXM31		139,30 (1,001)	105,95 (1,001)	67,69 (1,001)	39,24 (1,001)	18,64 (1,001)

Notes : (1) Valeur moyenne pour 2 échantillons.

(2) Les valeurs entre parenthèses sont les perméabilités magnétiques près de la surface de rupture (à 7,96 A/m, soit 100 mOe).

Comme précédemment indiqué, il est évident que l'acier de l'invention présente d'excellentes propriétés en ce qui concerne (1) la résistance mécanique, (2) la ténacité à basse température et (3) la stabilité de l'austénite par rapport à des aciers inoxydables austénitiques classiques et à un acier austénitique de type Mn-Cr-N. De plus, l'acier de l'invention

est soudable, il n'est pas nécessaire de lui ajouter des éléments coûteux tels que le nickel, le molybdène, etc. et son usinabilité est remarquable.

On peut utiliser l'acier de l'invention non seulement pour la fabrication de dispositifs destinés à être utilisés à une température extrêmement basse et dans un champ magnétique intense mais également pour la fabrication de nombreux dispositifs destinés à être utilisés à des températures comprises entre la température ordinaire et une température extrêmement basse. Comme on prévoit une diminution des ressources en nickel et en molybdène avec une élévation correspondante des prix, l'acier de l'invention dans lequel on utilise du manganèse peu coûteux et abondant présente un grand avantage.

REVENDEICATIONS

1. Acier non magnétique pour dispositifs destinés à être utilisés à des températures extrêmement basses et dans un champ magnétique intense, caracté-
5 risé en ce qu'il est constitué, en pourcentages pondé-
raux, de 0,08 à 0,45 % de carbone, de 1,0 % ou moins
de silicium, de 27 à 45 % de manganèse, de 4 à 13 % de
chrome, de 0,08 à 0,30 % d'azote, de 0,5 % ou moins de
nickel, de 0,5 % ou moins de molybdène, le reste étant
10 constitué de fer et d'impuretés inévitables, en ce que
l'austénite est extrêmement stable à des températures
extrêmement basses pouvant descendre jusqu'à 4°K et
en ce qu'il présente d'excellentes propriétés de ré-
sistance mécanique, de ténacité et de ductilité à bas-
15 se température.

2. Acier non magnétique pour dispositifs destinés
à être utilisés à des températures extrêmement basses
et dans un champ magnétique intense, selon la revendi-
cation 1, caractérisé en ce qu'il est constitué en
20 pourcentages pondéraux de 0,08 à 0,25 % de carbone, de
0,2 à 0,8 % de silicium, de 30,0 à 40,0 % de manganèse,
de 5,0 à 10,0 % de chrome, de 0,08 à 0,20 % d'azote,
le reste étant constitué de fer et d'impuretés inévi-
tables.

FIG. 1

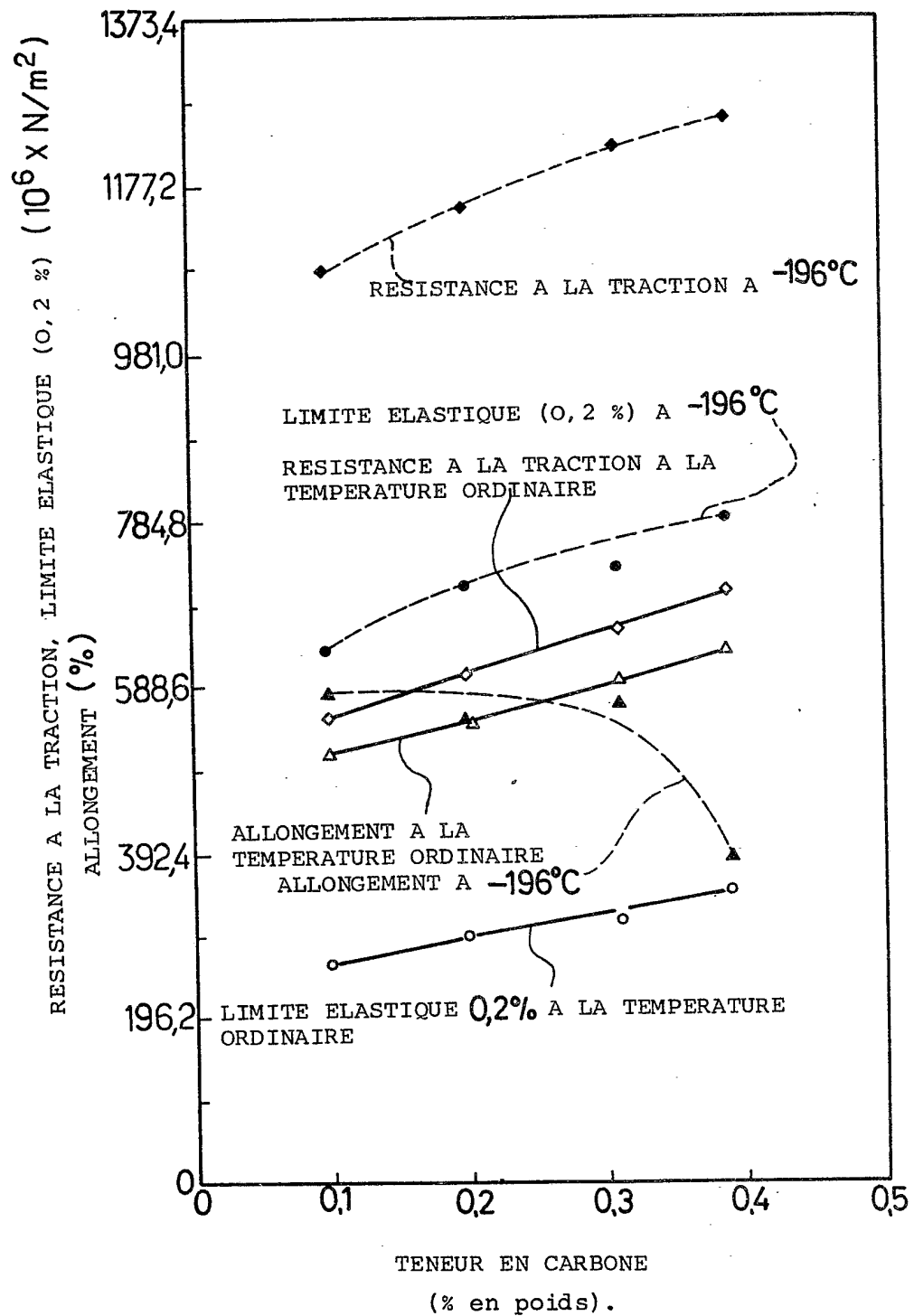


FIG. 2

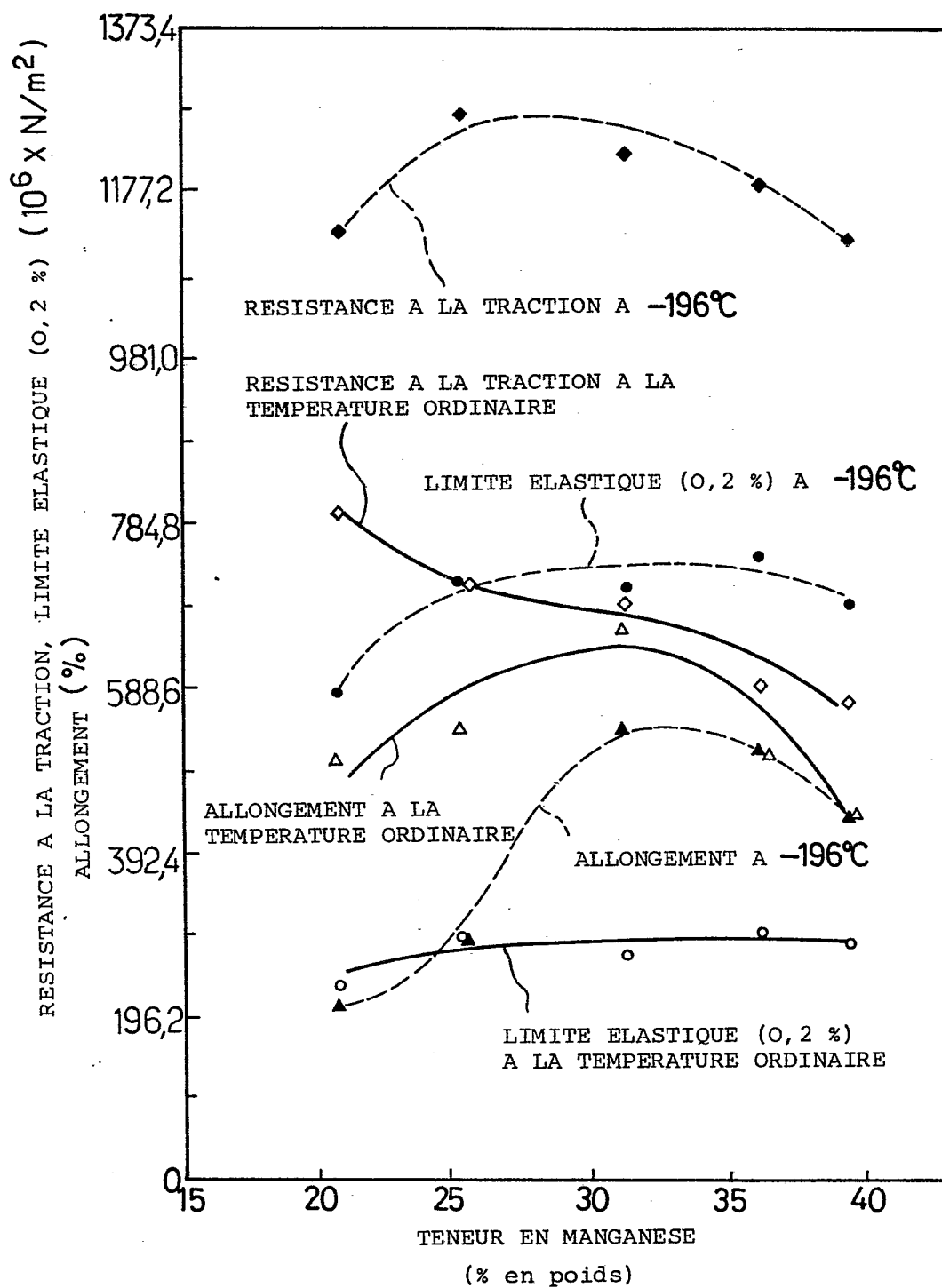


FIG.3

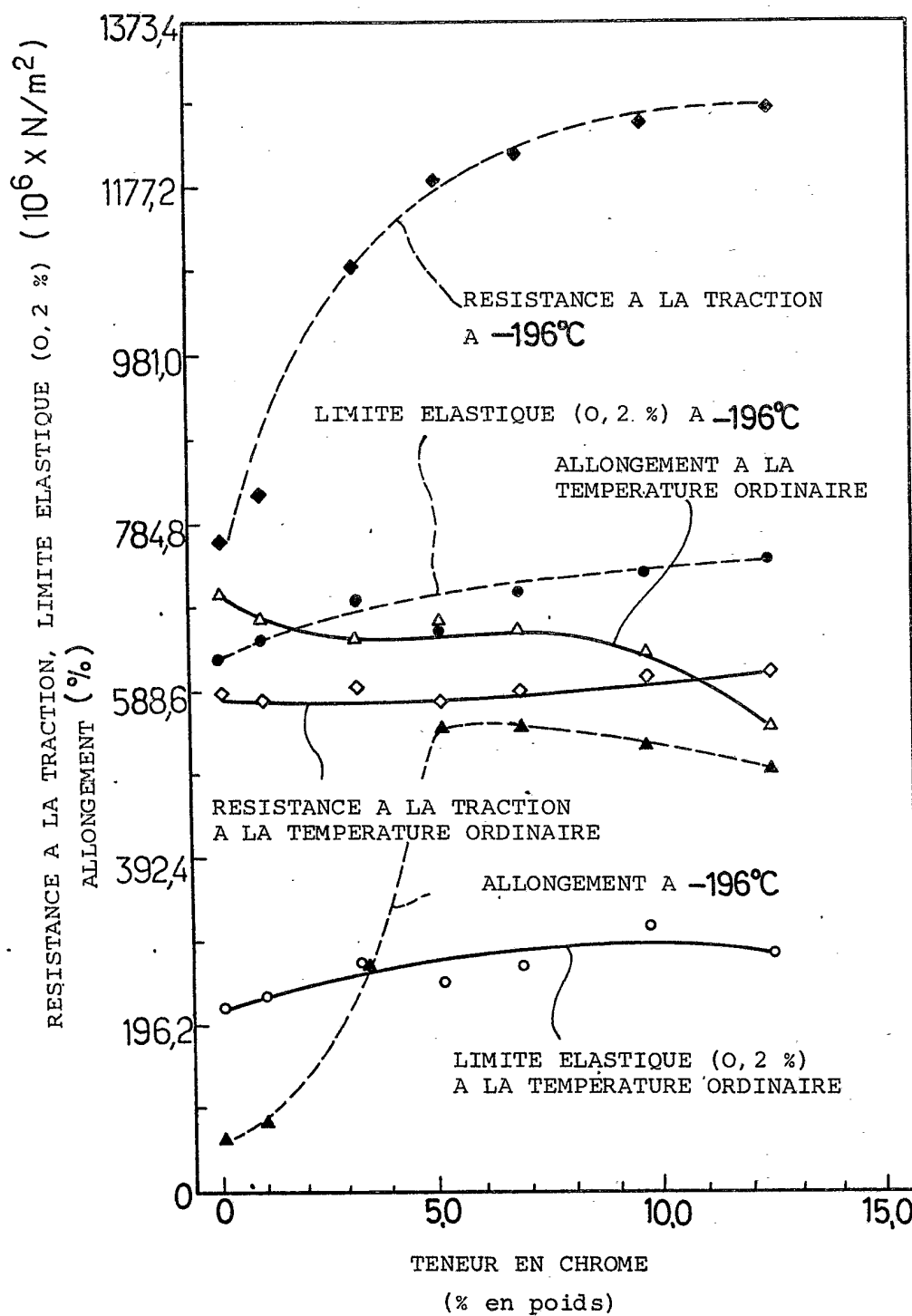


FIG. 4

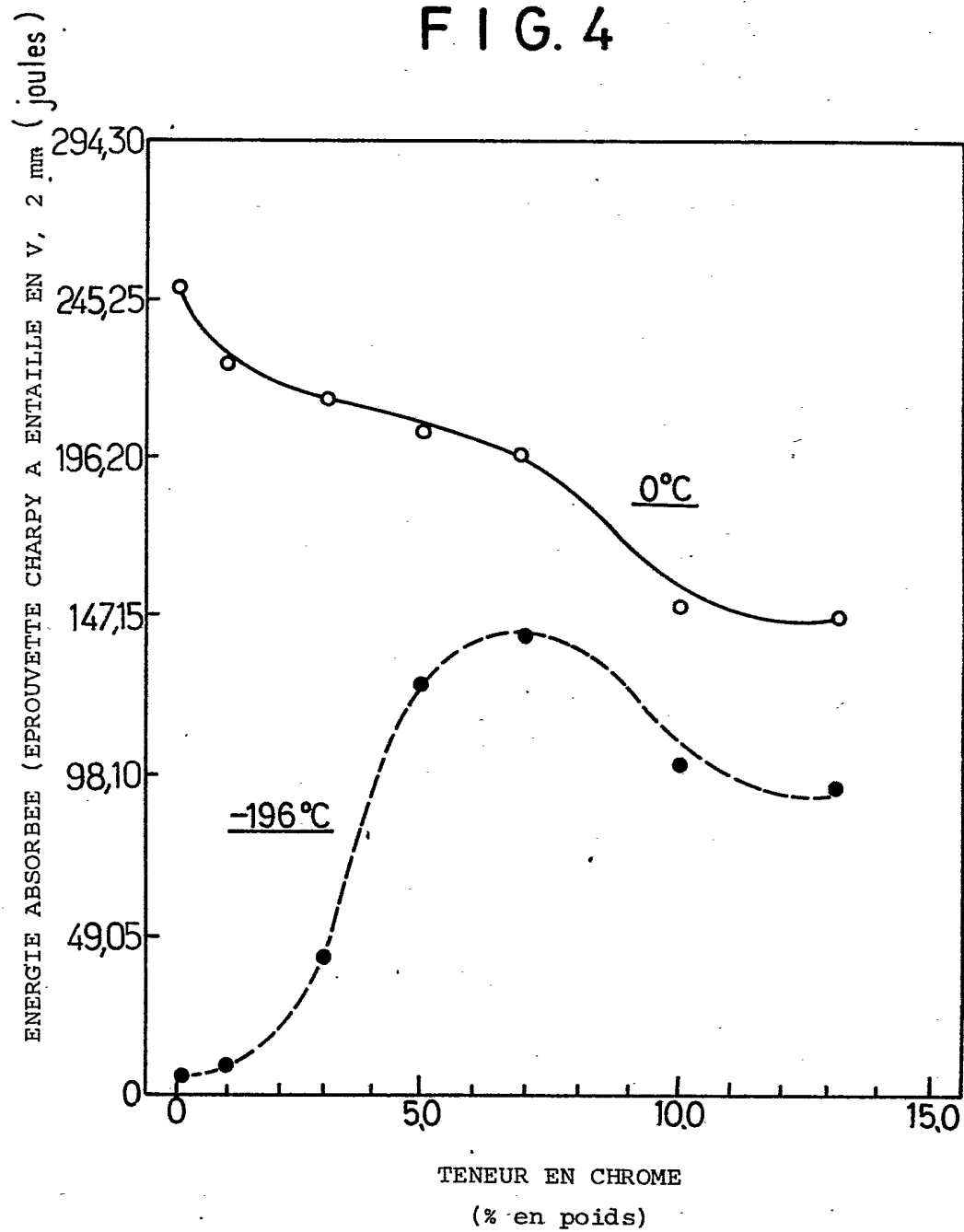


FIG.5

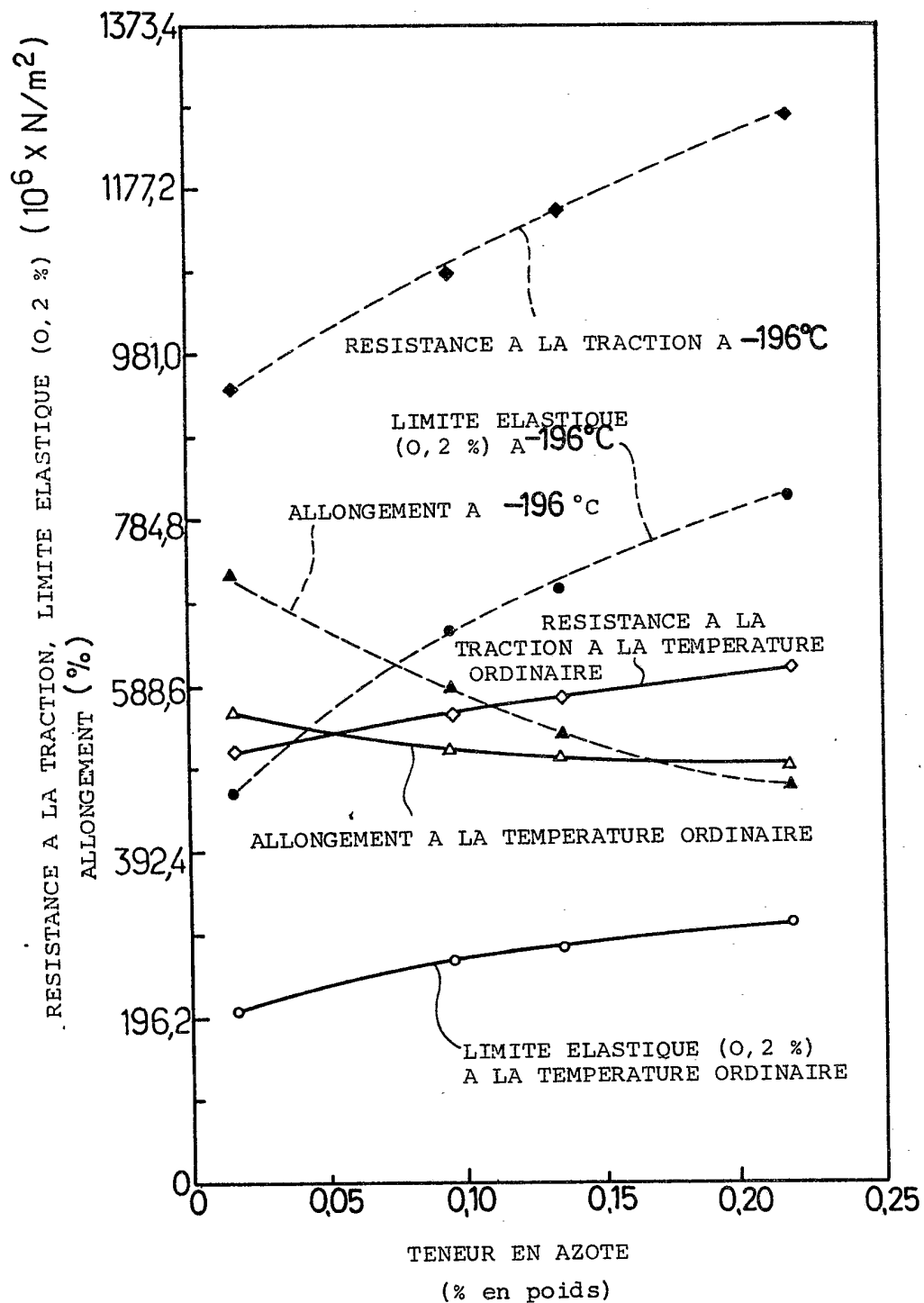


FIG. 6

