

TC 17

NORME  
INTERNATIONALE

**ISO**  
**6931-1**

Première édition  
1989-07-15

---

---

**Aciers inoxydables pour ressorts —**

**Partie 1:**  
**Fil**

*Stainless steels for springs —*  
*Part 1: Wire*



Numéro de référence  
ISO 6931-1 : 1989 (F)

## Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour approbation, avant leur acceptation comme Normes internationales par le Conseil de l'ISO. Les Normes internationales sont approuvées conformément aux procédures de l'ISO qui requièrent l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 6931-1 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 17, *Acier*.

L'ISO 6931 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Aciers inoxydables pour ressorts*:

- *Partie 1: Fil*
- *Partie 2: Bandes*

L'annexe A de la présente partie de l'ISO 6931 est donnée uniquement à titre d'information.

# Aciers inoxydables pour ressorts —

## Partie 1: Fil

### 1 Domaine d'application

1.1 La présente partie de l'ISO 6931 s'applique aux nuances d'aciers inoxydables, indiquées au tableau 1, généralement utilisées à l'état écroui sous forme de fils de diamètre ne dépassant pas 6 mm pour fabriquer des ressorts et des pièces élastiques soumis aux effets de la corrosion et parfois à des températures élevées (voir annexe A, article A.1).

1.2 Outre les aciers indiqués au tableau 1, certaines nuances d'aciers de l'ISO 683-13 peuvent également servir pour la fabrication des ressorts, bien qu'à un moindre degré.

1.3 Les livraisons conformes à la présente partie de l'ISO 6931 doivent également remplir les conditions techniques de l'ISO 404.

### 2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de l'ISO 6931. Au moment de la publication de cette partie de l'ISO 6931, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes des accords fondés sur cette partie de l'ISO 6931 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer

les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur à un moment donné.

ISO 377 : 1985, *Acier corroyé — Prélèvement et préparation des échantillons et des éprouvettes.*

ISO 404 : 1981, *Acier et produits sidérurgiques — Conditions générales techniques de livraison.*

ISO 683-13 : 1986, *Aciers pour traitement thermique, aciers alliés et aciers pour décolletage — Partie 13: Aciers corroyés inoxydables.*

ISO 6892 : 1984, *Matériaux métalliques — Essai de traction.*

ISO 7800 : 1984, *Matériaux métalliques — Fils — Essai de torsion simple.*

ISO 7802 : 1983, *Matériaux métalliques — Fils — Essai d'enroulement.*

### 3 Rédaction de la commande

Dans son appel d'offres et sa commande, l'acheteur doit indiquer les renseignements suivants:

- a) la qualité d'acier (voir tableau 1);
- b) le diamètre du fil;

Tableau 1 — Composition chimique des aciers (analyse de coulée)

Nuance d'acier Désignation abrégée	Composition chimique <sup>1)</sup>						
	% (m/m)						
	C max.	Si max.	Mn max.	Al	Cr	Mo	Ni
X 5 CrNi 18 10	0,07	1,0	2,0	—	17,0 à 19,0	—	8,0 à 11,0
X 12 CrNi 17 7	0,12	1,5	2,0	—	16,0 à 18,0 <sup>2)</sup>	<0,8	6,0 à 9,0 <sup>2)</sup>
X 6 CrNiMo 17 12 2	0,07	1,0	2,0	—	16,5 à 18,5	2,0 à 2,5 <sup>3)</sup>	10,5 à 13,5
X 7 CrNiAl 17 7	0,09	1,0	1,0	0,75 à 1,50	16,0 à 18,0	—	6,5 à 7,75 <sup>4)</sup>

1) Pour toutes les nuances <0,045 % (m/m) P et <0,030 % (m/m) S.

2) Il peut également être convenu à l'appel d'offres et la commande de retenir une teneur maximale en chrome de 18,5 % (m/m) ou une teneur maximale en nickel de 9,5 % (m/m).

3) Si la résistance à la corrosion revêt une importance particulière, on peut s'accorder sur une livraison du type 20a indiqué dans l'ISO 683-13, les spécifications de la présente partie de l'ISO 6931 étant applicables à la qualité d'acier X 6 CrNiMo 17 12 2.

4) Lorsqu'il est livré à l'état étiré à froid, l'acier peut, par accord spécial, également être commandé avec une teneur en nickel comprise entre 7,00 % (m/m) et 8,25 % (m/m) Ni.

- c) le numéro de la présente Norme internationale (ISO 6931-1);
- d) l'état de livraison (voir 4.2.2);
- e) la quantité désirée;
- f) le type requis de document (voir 5.1.1).

*Exemple:*

— 2 t de fil en acier X 12 CrNi 17 7 conforme à l'ISO 6931-1, de 2,00 mm de diamètre, dans l'état de livraison C:

2 t fil 2,00

acier X 12 CrNi 17 7 C - ISO 6931-1

## 4 Exigences

### 4.1 Mode d'élaboration de l'acier et de fabrication du produit

Sauf accord contraire au moment de la commande, le mode d'élaboration de l'acier et le mode de fabrication du produit sont laissés à l'initiative du producteur.

## 4.2 Livraison

### 4.2.1 Forme de livraison

Les fils sont généralement livrés en bobines ou en couronnes et pour les petits diamètres, généralement en bobines. Plusieurs couronnes ou bobines peuvent être livrées emballées ensemble sur un support. Sauf convention contraire lors de la commande, la forme de livraison est laissée à l'initiative du producteur qui doit cependant respecter les présentes spécifications.

### 4.2.2 État de livraison

4.2.2.1 L'état dans lequel le fil doit être livré doit toujours être indiqué par le client.

Les états de livraison possibles sont indiqués au tableau 2.

Dans des cas spéciaux et après accord, les produits peuvent également être livrés dans les états indiqués au tableau A.2 (voir l'annexe A), ceux-ci étant toutefois généralement réservés aux seuls ressorts finis.

Tableau 2 — Diamètres nominaux et tolérances — Résistance à la traction et striction du fil à l'état étiré et écroui (C) et également pour l'acier X 7 CrNiAl 17 7 à l'état recuit pour mise en solution

Diamètre nominal mm	Tolérance sur le diamètre mm	Résistance à la traction <sup>1) 2) 3) 4)</sup> , N/mm <sup>2</sup>				Striction % min.	
		X 5 CrNi 18 10 (C)	X 12 CrNi 17 7 (C)	X 6 CrNiMo 17 12 2 (C)	X 7 CrNiAl 17 7 (C) (État recuit pour mise en solution)		
0,10 0,11 0,12 0,14 0,16 0,18	±0,004	2 150 à 2 400	2 200 à 2 450	1 650 à 1 900	1 950 à 2 200	—	
0,20 0,22 0,25 0,28 0,30 0,32 0,34 0,36 0,38 0,40 0,43 0,45 0,48	±0,008	2 050 à 2 300	2 100 à 2 350	1 600 à 1 850	1 930 à 2 180		
0,50 0,53 0,56 0,60 0,63 0,65 0,70 0,80	±0,010	1 950 à 2 200	2 000 à 2 250	1 600 à 1 850	1 850 à 2 100		
0,85 0,90 0,95 1,00 1,05 1,10 1,20 1,25 1,30 1,40	±0,015	1 850 à 2 100	1 900 à 2 150	1 530 à 1 780	1 800 à 2 050		
1,50 1,60 1,70 1,80 1,90 2,00 2,10 2,25 2,40 2,50 2,60 2,80 3,00 3,20	±0,020	1 650 à 1 900	1 700 à 1 950	1 400 à 1 650	1 600 à 1 850		
3,40 3,60 3,80 4,00 4,25 4,50 4,75 5,00 5,30 5,60	±0,025	1 450 à 1 700	1 500 à 1 750	1 230 à 1 480	1 400 à 1 650		
6,00	±0,035	1 350 à 1 600	1 400 à 1 650	1 100 à 1 350	1 300 à 1 550		
					800 à 1 000		> 40

1) Après dressage en barres, la résistance à la traction s'abaisse d'environ 7 %. Un revenu ou un durcissement par précipitation à chaud permet de compenser cette diminution.

2) Pour les fils soumis à une forte déformation, on peut convenir de valeurs de résistance à la traction plus basses.

3) Une fourchette plus étroite peut être convenue à la commande.

4) Voir aussi 4.4.2.

4.2.2.2 Chaque bobine ou couronne ne doit être constituée que d'une seule longueur de fil enroulée sans brisure.

En cas de livraison en bobines, le diamètre de chaque spire peut légèrement augmenter après déliement des fils d'attache, mais en aucun cas il ne peut diminuer. L'augmentation de diamètre doit être sensiblement uniforme à l'intérieur d'une même bobine et pour toutes les bobines d'une même livraison.

Le fil pour ressort ne doit pas vriller lorsqu'il est mis à plat. Cette exigence est considérée comme respectée pour les fils de diamètre inférieur ou égal à 5 mm, si les extrémités d'une spire de fil essayées de la manière indiquée en 5.4.2.4 ne présentent pas de déport axial,  $l$ , supérieur à

$$l = \frac{0,2 \times D}{\sqrt{d}}$$

où

$D$  est le diamètre d'une spire libre;

$d$  est le diamètre du fil.

4.2.2.3 Les fils à livrer à l'état C, de diamètre inférieur ou égal à 0,4 mm ont généralement une surface nue (blanche). Les fils de diamètre égal ou supérieur à 0,4 mm peuvent, selon les accords passés, être commandés et livrés nus ou avec une surface lisse ou revêtue.

NOTE — Le diamètre à partir duquel la commande et la livraison peuvent porter sur des fils de surface lisse ou revêtue varie d'usine à usine et dépend également du type de lubrifiant.

Les fils en acier X 7 CrNiAl 17 7 à l'état « recuit pour mise en solution » peuvent être livrés, au gré du producteur, avec une surface blanche de recuit ou décapée.

### 4.3 Composition chimique

4.3.1 La composition chimique des aciers résultant de l'analyse sur coulée figure au tableau 1.

4.3.2 Les écarts admissibles entre les valeurs spécifiées au tableau 1 et les résultats de l'analyse sur produit figurent au tableau 3.

### 4.4 Propriétés mécaniques

4.4.1 La résistance à la traction du fil pour ressorts figure au tableau 2.

4.4.2 La différence de résistance à la traction entre les extrémités d'une bobine ou d'une couronne ne doit pas dépasser les valeurs indiquées au tableau 4 (voir aussi 5.2).

Tableau 3 — Écarts admissibles de l'analyse sur produit par rapport aux valeurs limites de l'analyse de coulée du tableau 1

Élément	Teneur maximum admissible à l'analyse de coulée	Écart admissible <sup>1)</sup>
	C	
C	$C < 0,12$	+0,01
Si	$C < 1,0$	+0,05
	$1,0 < C < 1,5$	+0,10
Mn	$C < 1,0$	+0,03
	$1,0 < C < 2,0$	+0,04
P	$C < 0,045$	+0,005
S	$C < 0,030$	+0,005
Al	$0,75 < C < 1,50$	±0,10
Cr	$16,0 < C < 19,0$	±0,20
Mo	$C < 0,80$	±0,05
	$2,0 < C < 2,5$	±0,10
Ni	$6,0 < C < 10,0$	±0,10
	$10,0 < C < 13,5$	±0,15

1) Pour une coulée, l'écart sur un élément dans l'analyse de produit ne peut être noté qu'en dessous du minimum ou au-dessus du maximum de la fourchette spécifiée pour l'analyse de coulée, mais jamais dans les deux directions en même temps.

Tableau 4 — Différence de résistance à la traction, N/mm<sup>2</sup>

Diamètre du fil $d$ mm	Masse de la bobine ou de la couronne $m$	
	$m < 50$ kg	$m > 50$ kg
$d < 1,5$	100	150
$d \geq 1,5$	70	100

### 4.5 Propriétés technologiques, état de surface et santé interne

#### 4.5.1 Propriétés technologiques et état de surface

4.5.1.1 Pour juger de l'uniformité de l'enroulement et de la qualité de l'état de surface, un fil de diamètre inférieur ou égal à 1,5 mm est soumis à un essai d'enroulement. Le fil, enroulé de la manière indiquée en 5.4.2.2 doit présenter une surface parfaite et un enroulement uniforme des spires.

4.5.1.2 Les fils de diamètre supérieur à 1,5 mm et inférieur ou égal à 6 mm doivent, après avoir été soumis à un essai de torsion (torsion alternée suivant les indications de 5.4.2.3), remplir les conditions de 5.4.2.3.

4.5.1.3 La surface des fils doit, autant que possible, être exempte de rayures, piqûres et autres défauts superficiels analogues afin que l'aptitude à l'emploi ne soit pas affectée de façon notable.

**4.5.1.4** Si, pour les fils prévus pour fabriquer des ressorts extrêmement sollicités, les exigences de 4.5.1.1 à 4.5.1.3 ne sont pas suffisantes, des accords spéciaux doivent intervenir lors de l'appel d'offres et de la commande.

**4.5.2 Santé interne**

Les produits doivent être exempts de défauts internes susceptibles d'affecter de façon notable leur utilisation. Des essais particuliers de vérification de la santé interne, par exemple l'essai d'enroulement, peuvent être prévus à la commande.

**4.6 Dimensions et tolérances**

**4.6.1** Les diamètres nominaux et les tolérances de diamètre figurent au tableau 2.

**4.6.2** Le défaut de circulante (ovalisation), c'est-à-dire la différence entre le plus grand et le plus petit diamètre d'une même section transversale de fil ne doit pas dépasser la moitié de la tolérance sur le diamètre.

**5 Essais**

**5.1 Accord sur les essais et documents de réception**

**5.1.1** On doit prévoir, pour chaque livraison, par accord lors de l'appel d'offres et de la commande, l'établissement de l'un des documents de réception définis dans l'ISO 404.

**5.1.2** Si l'accord prévoit un type particulier de contrôle, celui-ci doit s'effectuer selon les prescriptions indiquées en 5.2 à 5.4.

**5.2 Nombre d'essais**

On suivra, pour la constitution de l'unité de réception et le nombre des essais par unité de réception, les indications du tableau 5, à l'exception de ce qui suit qui s'applique à l'essai de traction.

S'il est convenu à la commande de vérifier l'uniformité de la résistance à la traction (conformément à 4.4.2), une éprouvette doit être prélevée à chaque extrémité de chaque couronne ou de chaque bobine. Si l'on a découpé sur une même bobine de fil brut de laminage plusieurs bobines ou plusieurs couronnes de fils que l'on a ensuite numérotées en suivant, il suffit de ne prélever qu'une seule éprouvette au début de chaque couronne ou bobine successive.

**Tableau 5 — Unités de réception et étendue des essais de réception**

Exigence de qualité <sup>1)</sup>	2)	Unité de réception	Nombre		
			d'échantillons par unité d'essais	de coupons par échantillon	d'éprouvettes par coupon
Analyse sur produit <sup>3)</sup>	o	Coulée	4)	1	1
Essai de traction <sup>5)</sup> sans vérification de l'uniformité de la résistance à la traction	m	Coulée et lot de produits finis <sup>6)</sup>	1 par 10 bobines ou couronnes	1	1
Essai de traction <sup>5)</sup> avec vérification de l'uniformité de la résistance à la traction	o	Coulée et lot de produits finis <sup>6)</sup>	7)	7)	7)
Essais d'enroulement <sup>8)</sup>	o	Coulée et lot de produits finis <sup>6)</sup>	À convenir lors de la commande		
Essais de torsion (alternée) <sup>9)</sup>	o				

- 1) Aucun accord à la commande pour tout autre essai spécial, par exemple, la détermination du module d'élasticité.
- 2) m = essai à effectuer dans tous les cas;  
o = essai à effectuer uniquement sur accord à la commande.
- 3) Si aucune analyse sur produit n'est prévue, le producteur communiquera les résultats de l'analyse sur coulée pour chacun des éléments indiqués au tableau 1.
- 4) Sauf accord contraire à la commande, prélever l'échantillon à la coulée.
- 5) Lorsque les diamètres sont compris entre > 1,5 mm et 6 mm, un essai de striction doit venir compléter l'essai de résistance à la traction.
- 6) On entend par lot de produits finis une quantité de produits ayant subi le même traitement thermique et présentant la même diminution de section (striction).
- 7) Voir 5.2.
- 8) Seulement pour les diamètres < 1,5 mm.
- 9) Seulement pour les diamètres > 1,5 mm et < 6 mm.

## 5.3 Prélèvement et préparation des éprouvettes

### 5.3.1 Généralités

Le prélèvement et la présentation des coupons échantillons et des éprouvettes doivent se faire selon les indications générales de l'ISO 377.

### 5.3.2 Analyse sur produit

Si une analyse sur produit a lieu, le prélèvement et la préparation des éprouvettes doivent se faire suivant les indications de l'ISO 377.

### 5.3.3 Essai de traction et essais technologiques

**5.3.3.1** Les éprouvettes pour essai de traction, essai de torsion (alternée) et essai d'enroulement doivent être prélevées à une distance suffisante des extrémités de la couronne ou de la bobine. En cas de litige, cette distance minimale doit être de 5 m pour les fils de diamètre inférieur ou égal à 6,0 mm.

**5.3.3.2** Les éprouvettes pour essai de traction et essai de torsion, constituées par des longueurs de fils doivent, si possible, être rectilignes et ne présenter ni défauts de surface ni brisure. En cas de besoin, l'éprouvette peut être redressée:

- a) à la main, sans outil, ou
- b) au marteau et sur un support plan, les deux objets étant en bois, en matière plastique ou en cuivre.

Cette opération ne doit en aucun cas endommager la surface de l'éprouvette ou en modifier les propriétés ou la section transversale. Il faut en particulier éviter toute torsion.

## 5.4 Méthodes d'essai

### 5.4.1 Analyse chimique

En cas de litige, les méthodes utilisées pour l'analyse chimique doivent être celles que fixent les Normes internationales appropriées. S'il n'en existe pas, les méthodes doivent être convenues au moment de l'appel d'offres et de la commande.

### 5.4.2 Essai de traction et essais technologiques

**5.4.2.1** L'essai de traction doit être réalisé conformément aux indications de l'ISO 6892.

Pour calculer la résistance à la traction, on doit se baser sur la section nominale pour les fils de diamètre nominal supérieur à 2 mm et sur la section réelle pour les fils de diamètre nominal inférieur ou égal à 2 mm.

**5.4.2.2** L'essai d'enroulement doit être réalisé sur une section de fils d'environ 500 mm de longueur, enroulée serrée sur un mandrin de diamètre égal à environ trois fois le diamètre nominal du fil, mais en aucun cas inférieur à 1 mm. L'éprouvette est ensuite déroulée sur une longueur représentant au moins deux fois, mais au plus quatre fois, la longueur du ressort à boudin obtenu. On vérifie alors la qualité de surface et l'uniformité de superposition des spires en observant en outre les prescriptions de l'ISO 7802.

Bien que la valeur de l'essai d'enroulement ne soit pas universellement reconnue, cet essai est le seul qui permette de détecter les tensions internes. En cas de doute sur le résultat de l'essai, il est conseillé de ne pas rebuter immédiatement le fil en question, mais d'essayer de clarifier les causes de la défaillance entre les deux parties concernées.

**5.4.2.3** L'essai de torsion doit être réalisé sur une éprouvette dépassant d'au moins 100 mm la longueur d'essai. Sauf accord contraire au moment de la commande, cette longueur d'essai doit être de 100  $d$  pour les fils de diamètre égal ou supérieur à 1,5 mm mais inférieur à 5 mm et de 50  $d$  pour les fils de diamètre égal ou supérieur à 5 mm. L'éprouvette doit être serrée dans un appareil de manière que son axe longitudinal coïncide avec l'axe des têtes de serrage et qu'elle demeure droite pendant tout l'essai. Après serrage de l'éprouvette dans l'appareil, l'une des têtes de serrage est tournée deux fois dans un sens et deux fois dans l'autre (en observant en outre les prescriptions de l'ISO 7800).

Un examen à l'œil nu peut éventuellement révéler des fissures et autres défauts de surface.

**5.4.2.4** Pour vérifier l'absence de vrillage après déliement du fil d'attache, on doit prélever sur la bobine une spire de fil. On mesure alors le diamètre moyen de la spire de fil suspendue librement et le déport axial de ses deux extrémités.

## 6 Réclamations

La solution des réclamations est traitée dans l'ISO 404.



## Annexe A (informative)

### Indications complémentaires

#### A.1 Recommandations concernant le classement des nuances

Selon les sollicitations auxquelles ils sont exposés, la température maximale d'utilisation des aciers X 5 CrNi 18 10 et X 12 CrNi 17 7 peut varier entre 120 °C et 250 °C. S'il est également exigé de l'un des aciers couverts par la présente Norme internationale une résistance élevée à la corrosion, on peut utiliser l'acier austénitique X 6 CrNiMo 17 12 2 qui présente lui aussi, selon les sollicitations, une température maximale d'utilisation comprise entre 120 °C et 250 °C. La température maximale d'utilisation de l'acier austénitique-martensitique durci par précipitation X 7 CrNiAl 17 7 peut, selon les sollicitations, varier entre 250 °C et 300 °C. Cet acier présente une bonne endurance et une résistance élevée à la chaleur, mais une plus faible résistance à la corrosion.

Ces quatre nuances d'acier présentent des caractéristiques légèrement différentes pour le module d'élasticité déterminé sur éprouvettes longitudinales et pour le module d'élasticité au cisaillement (voir tableau A.1). Il est à noter que lorsque la température augmente, la valeur des deux modules baisse.

#### A.2 Effet du revenu ou du vieillissement artificiel sur la résistance à la traction

**A.2.1** Un revenu, ou pour l'acier X 7 CrNiAl 17 7 un vieillissement artificiel selon les indications du tableau A.2, augmente la résistance à la traction par rapport à l'état écroui. Ce traitement présente également l'avantage de diminuer les contraintes engendrées par le formage du ressort.

Il est donc fortement recommandé de procéder à un traitement final de revenu ou de durcissement structurel, sur les ressorts finis. Des valeurs indicatrices de l'augmentation possible de résistance à la traction après ces types de traitements sont données à la figure A.1.

**A.2.2** L'acier X 7 CrNiAl 17 7 recuit peut être amené à l'état durci par un double traitement thermique après transformation en ressort (voir figure A.2 et tableau A.2). Cet état n'est cependant pas aussi dur que celui que confère l'écrouissage après traitement thermique adéquat.

**Tableau A.1 — Valeurs indicatrices du module d'élasticité et du module de rigidité des fils (valeurs moyennes) <sup>1) 2) 3)</sup>**

Nuance d'acier	Module d'élasticité <sup>1)</sup>		Module de rigidité <sup>2)</sup>	
	l'état de livraison C	à l'état C + T <sup>4)</sup>	l'état de livraison C	à l'état C + T <sup>4)</sup>
	kN/mm <sup>2</sup>		kN/mm <sup>2</sup>	
X 5 CrNi 18 10	185	195	70	73
X 12 CrNi 17 7	185	195	70	73
X 6 CrNiMo 17 12 2	180	190	68	71
X 7 CrNiAl 17 7	195	200	73	78

1) Les valeurs indicatrices du module d'élasticité sont valables pour une résistance moyenne à la traction de 1 800 N/mm<sup>2</sup> mesurée sur éprouvettes longitudinales. Pour une résistance moyenne à la traction de 1 300 N/mm<sup>2</sup>, les valeurs du module sont de 6 kN/mm<sup>2</sup> plus faibles. Les valeurs intermédiaires peuvent être interpolées.

2) Les valeurs indicatrices du module de rigidité sont valables pour une résistance moyenne à la traction de 1 800 N/mm<sup>2</sup> mesurée au pendule tournant sur des fils de diamètre < 2,8 mm. Pour une résistance moyenne à la traction de 1 300 N/mm<sup>2</sup>, les valeurs du module sont de 2 kN/mm<sup>2</sup> plus faibles. Les valeurs intermédiaires peuvent être interpolées. Les valeurs obtenues à l'élastomat ne sont pas toujours comparables aux valeurs obtenues au pendule tournant.

3) Sur les ressorts finis, il est possible d'obtenir des valeurs plus faibles. Les normes de calcul des ressorts peuvent donc donner d'autres valeurs que celles qui figurent ici, basées sur des mesures sur fil.

4) Voir tableau A.2, figure A.1 et tableau 2.

### A.3 Propriétés physiques

Les valeurs indicatrices du module d'élasticité et du module de cisaillement sont données au tableau A.1.

### A.4 Propriétés magnétiques

Il est à noter que ces aciers peuvent être aimantés différemment selon leur composition chimique et leur état de traitement.

## A.5 Recommandations pour la transformation et le traitement thermique

### A.5.1 Transformation

Le formage se fait à froid. Il convient de noter que l'aptitude à la transformation d'un fil durci par écrouissage est limitée. Selon les contraintes du formage, il peut être convenu à la commande d'exiger une moindre résistance à la traction (voir note 2 du tableau 2).

Au cas où l'aptitude au formage doit être plus élevée, il est recommandé de prévoir la livraison de fils en acier

X 7 CrNiAl 17 7 à l'état de recuit de mise en solution et de se mettre d'accord avec les producteurs.

### A.5.2 Traitement thermique

**A.5.2.1** Le tableau A.2 donne des indications concernant le traitement thermique à effectuer pour obtenir une résistance appropriée à la traction et la meilleure élasticité des ressorts finis. Dans les cas spéciaux nécessitant le respect d'exigences particulières, le traitement thermique peut être modifié sur la base des études de l'usine elle-même.

**A.5.2.2** Les ressorts doivent être nettoyés à fond avant le traitement thermique. Si les couleurs de recuit obtenues pendant le traitement thermique ne conviennent pas pour des raisons soit d'optique, soit de résistance à la corrosion, le traitement peut par exemple être effectué sous protection gazeuse ou bien être suivi d'un nettoyage spécial de la surface n'affectant pas de façon notable les propriétés des ressorts.

### A.5.3 Grenailage avec des abrasifs globulaires

Si les ressorts doivent être grenailés, on doit faire en sorte que, par exemple lors de l'utilisation de grenaille en acier inoxydable, la surface grenailée ne soit pas détériorée.

Tableau A.2 — Données de référence pour le traitement thermique des ressorts<sup>1)</sup> (voir aussi A.5.2)

Nuance d'acier Désignation abrégée	État	Traitement thermique								
		Recuit <sup>2)</sup>			Vieillessement artificiel					
		Température °C	Durée	Réfrigérant	1 <sup>ère</sup> étape			2 <sup>ème</sup> étape		
			Température °C	Durée	Réfrigérant	Température °C	Durée	Réfrigérant		
X 5 CrNi 18 10 X 12 CrNi 17 7 X 6 CrNiMo 17 12 2	C + T	250 à 450	30 min à 24 h	air						
X 7 CrNiAl 17 7	C + T <sup>3)</sup>	480 à 550	1 h à 2 h	air						
	Recuit de mise en solution + vieillissement artificiel en deux étapes <sup>4)</sup>				760 à 820	30 min à 40 min	Dans eau/air à < 12 °C <sup>5)</sup>	480 à 550	1 h à 2 h	air

1) À comparer avec les valeurs de résistance à la traction du tableau 2 et des figures A.1 et A.2.

2) Les conditions optimales de recuit peuvent être très différentes. Le fabricant de ressorts doit choisir ces conditions selon l'usage recherché, voir aussi A.5.2.1.

3) Vieillessement artificiel.

4) Les propriétés obtenues sont, sauf pour les fils de petit diamètre (< 0,4 mm) très peu liées aux dimensions du produit.

Sur les fils très minces, un second traitement thermique n'entraîne qu'une augmentation relativement faible de la résistance à la traction.

5) Si l'on recherche une fourchette de résistance à la traction plus grande que celle qui est indiquée à la figure A.2, on peut abaisser les températures maximales.