

ISO

ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION

RECOMMANDATION ISO R 783

ESSAIS MÉCANIQUES DE L'ACIER À TEMPÉRATURE ÉLEVÉE
DÉTERMINATION DE LA LIMITE INFÉRIEURE D'ÉCOULEMENT
ET DE LA LIMITE CONVENTIONNELLE D'ÉLASTICITÉ
ET MÉTHODE DE VÉRIFICATION

1^{ère} ÉDITION

Juillet 1968

REPRODUCTION INTERDITE

Le droit de reproduction des Recommandations ISO et des Normes ISO est la propriété des Comités Membres de l'ISO. En conséquence, dans chaque pays, la reproduction de ces documents ne peut être autorisée que par l'organisation nationale de normalisation de ce pays, membre de l'ISO.

Seules les normes nationales sont valables dans leurs pays respectifs.

Imprimé en Suisse

Ce document est également édité en anglais et en russe. Il peut être obtenu auprès des organisations nationales de normalisation.

HISTORIQUE

La Recommandation ISO/R 783, *Essais mécaniques de l'acier à température élevée – Détermination de la limite inférieure d'écoulement et de la limite conventionnelle d'élasticité et méthode de vérification*, a été élaborée par le Comité Technique ISO/TC 17, *Acier*, dont le Secrétariat est assuré par la British Standards Institution (BSI).

Les travaux relatifs à cette question furent entrepris par le Comité Technique en 1961 et aboutirent, en 1965, à l'adoption d'un Projet de Recommandation ISO.

En décembre 1966, ce Projet de Recommandation ISO (N° 930) fut soumis à l'enquête de tous les Comités Membres de l'ISO. Il fut approuvé, sous réserve de quelques modifications d'ordre rédactionnel, par les Comités Membres suivants :

Afrique de Sud,	Finlande	Portugal
Rép. de	France	R.A.U.
Australie	Hongrie	Roumanie
Autriche	Inde	Royaume-Uni
Brésil	Israël	Suède
Canada	Norvège	Suisse
Chili	Nouvelle-Zélande	Tchécoslovaquie
Danemark	Pays-Bas	Thaïlande
Espagne	Pologne	Turquie

Cinq Comités Membres se déclarèrent opposés à l'approbation du Projet :

Allemagne
Belgique
Italie
Japon
U.S.A.

Le Projet de Recommandation ISO fut alors soumis par correspondance au Conseil de l'ISO qui décida, en juillet 1968, de l'accepter comme RECOMMANDATION ISO.

**ESSAIS MÉCANIQUES DE L'ACIER À TEMPÉRATURE ÉLEVÉE
DÉTERMINATION DE LA LIMITE INFÉRIEURE D'ÉCOULEMENT
ET DE LA LIMITE CONVENTIONNELLE D'ÉLASTICITÉ
ET MÉTHODE DE VÉRIFICATION**

1. OBJET

La présente Recommandation ISO concerne la détermination de la limite inférieure d'écoulement et de la limite conventionnelle d'élasticité pour l'acier aux températures d'essai ne dépassant pas 1000 °C*.

2. PRINCIPE DE L'ESSAI

L'essai consiste à chauffer uniformément une éprouvette à une température prescrite, puis à lui appliquer, à cette température, un effort de traction en vue

- a) de déterminer la limite inférieure d'écoulement (R_{eL}) ou la limite (R_p) conventionnelle d'élasticité,
- b) de vérifier que la limite conventionnelle d'élasticité est supérieure à une valeur minimale spécifiée.

3. DÉFINITIONS

3.1 *Longueur entre repères.* A tout instant de l'essai, longueur de la partie cylindrique ou prismatique de l'éprouvette, sur laquelle est mesuré l'allongement. En particulier,

Longueur initiale entre repères (L_0). Longueur entre repères, mesurée à la température ambiante, avant application de la charge.

3.2 *Base de mesure de l'extensomètre (L_g).* Longueur de la partie calibrée de l'éprouvette utilisée pour mesurer l'accroissement de longueur à l'aide d'un extensomètre. Cette longueur peut être différente de L_0 .

3.3 *Charge unitaire (ou "contrainte nominale").* A tout instant de l'essai, le quotient de la charge par la section initiale de l'éprouvette à la température ambiante.

3.4 *Limite d'écoulement.* Au cours de l'essai, lorsque l'acier présente le phénomène d'écoulement, la déformation plastique, dès qu'elle a été amorcée, continue à se produire sous une charge unitaire pratiquement constante.

Pour les besoins de la présente Recommandation ISO on appliquera les définitions suivantes :

3.5 *Charge unitaire à la limite apparente d'élasticité (R_e)*

3.5.1 *Limite supérieure d'élasticité (R_{eH}).* Valeur de la charge unitaire au moment où débute l'écoulement (voir paragraphe 12.3 et Fig. 2(b), 2(c), 2(d) et 2(e)).

ou

Valeur du premier maximum de la charge unitaire au début de l'écoulement, que ce maximum soit égal ou inférieur aux autres maximums qui pourraient être observés pendant l'écoulement plastique.

* Cette limite de 1000 °C est fixée uniquement en fonction des conditions d'exécution de l'essai, et notamment des tolérances prévues sur la température au chapitre 7; en particulier, elle n'implique pas qu'à toute température au plus égale à 1000 °C, la notion de limite conventionnelle d'élasticité soit également significative pour tous les aciers.

3.5.2 *Limite inférieure d'élasticité* (R_{eL}). La plus faible valeur de la charge unitaire pendant l'écoulement plastique, en négligeant cependant les éventuels phénomènes transitoires (voir paragraphe 12.3 et Fig. 2(b), 2(c), 2(d) et 2(e)).

- 3.6 *Limite conventionnelle d'élasticité* (allongement non proportionnel) (R_p). Charge unitaire à laquelle correspond un allongement non proportionnel égal à un pourcentage prescrit de la longueur initiale entre repères. Lorsqu'une limite conventionnelle d'élasticité (R_p) est spécifiée, l'allongement non proportionnel doit être indiqué (par exemple 0,2 %) et le symbole doit être complété par un indice rappelant le pourcentage de la longueur initiale entre repères (par exemple $R_{p0,2}$).

4. SYMBOLES ET DÉSIGNATIONS

Numéro repère	Symbole	Désignation
1	d	Diamètre de l'éprouvette à section circulaire
2	D	Diamètre extérieur d'un tube
3	a	Épaisseur de l'éprouvette plate ou d'un tube
4	b	Largeur de l'éprouvette plate ou d'un specimen coupé d'un tube
5	L_0	Longueur initiale entre repères, mesurée à la température ambiante, avant application de la charge
6	L_c	Longueur de la partie calibrée de l'éprouvette
7	L_t	Longueur totale de l'éprouvette
8	L_e	Longueur de la partie calibrée de l'extensomètre
9	—	Têtes d'amarrage de l'éprouvette
10	S_0	Section initiale de la partie calibrée
11	R_p^* (par ex. $R_{p0,2}$)	Charge conventionnelle d'élasticité (allongement non proportionnel) (0,2 % de charge conventionnelle d'élasticité)
12	R_{eH}	Limite supérieure d'élasticité
13	R_{eL}	Limite inférieure d'élasticité

* Le symbole employé sera complété par la température de l'essai.

NOTE. — Voir Figure 1.

5. ÉPROUVETTES

- 5.1 La section de l'éprouvette peut être circulaire, carrée, rectangulaire ou bien, dans des cas spéciaux, d'une autre forme.
- 5.2 La partie calibrée doit être raccordée par des congés aux têtes d'amarrage; celles-ci peuvent affecter toute forme adaptée aux dispositifs de fixation de la machine d'essai.
- 5.3 Les tolérances d'usinage des éprouvettes doivent être en accord avec les prescriptions du Tableau de la page 8.
- 5.4 En règle générale, le diamètre de la partie calibrée des éprouvettes cylindriques usinées ne doit pas être inférieur à 4,0 mm (0,16 in).

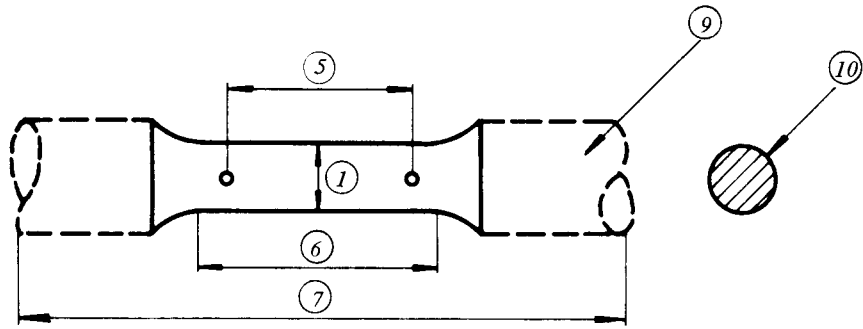


FIG. 1(a) – Eprouvette de section circulaire

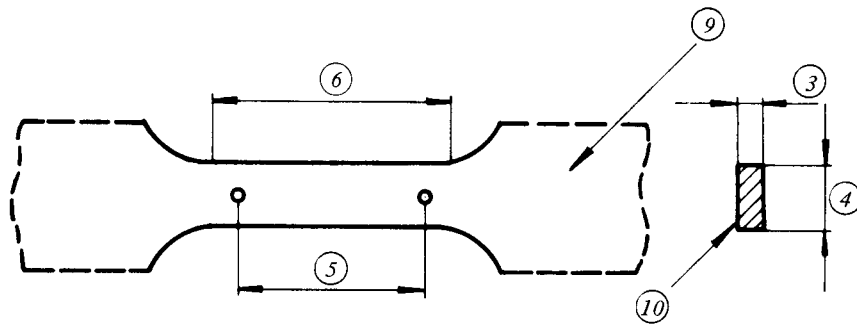


FIG. 1(b) – Eprouvette de section rectangulaire

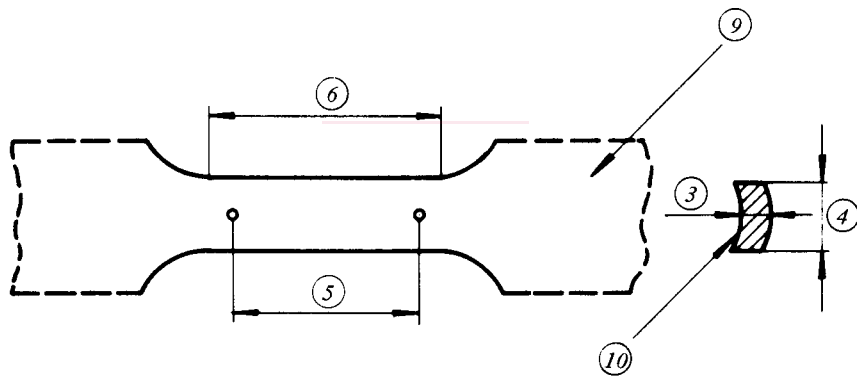


FIG. 1(c) – Eprouvette en bande prélevée sur tube

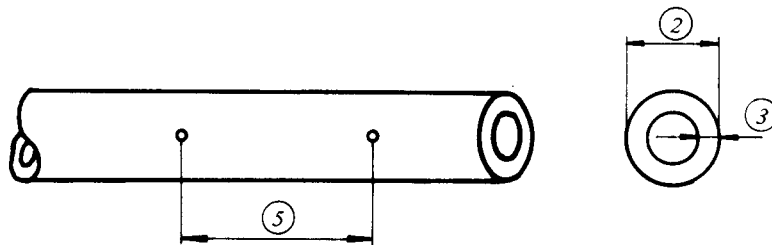


FIG. 1(d) – Eprouvette tubulaire

NOTE. – Les symboles numériques des Figures 1(a), 1(b), 1(c) et 1(d) sont définis au chapitre 4.

TABLEAU – Tolérances relatives aux dimensions des éprouvettes

Désignations	Dimensions nominales	Tolérances d'usinage* sur les dimensions nominales (ISO j _s 12)	Tolérances de forme	
			Valeurs	Symboles ISO
Diamètre des éprouvettes usinées à section circulaire (unités métriques)	plus de 3 mm jusqu'à 6 mm	± 0,06 mm	0,03 mm	IT 9
	plus de 6 mm jusqu'à 10 mm	± 0,075 mm	0,04 mm	
	plus de 10 mm jusqu'à 18 mm	± 0,09 mm	0,04 mm	
	plus de 18 mm jusqu'à 30 mm	± 0,105 mm	0,05 mm	
Diamètre des éprouvettes usinées à section circulaire (unités inch)	plus de 0,119 in jusqu'à 0,237 in	± 0,002 5 in	0,001 in**	
	plus de 0,237 in jusqu'à 0,394 in	± 0,003 in	0,001 in**	
	plus de 0,394 in jusqu'à 0,709 in	± 0,003 5 in	0,002 in**	
	plus de 0,709 in jusqu'à 1,182 in	± 0,004 in	0,002 in**	
Dimensions transversales des éprouvettes à section rectangulaire usinées sur les quatre faces		Mêmes tolérances que sur le diamètre des éprouvettes à section circulaire		
Dimensions transversales des éprouvettes à section rectangulaire usinées sur deux faces opposées seulement (unités métriques)	plus de 6 mm jusqu'à 10 mm	—	0,22 mm	IT 13
	plus de 10 mm jusqu'à 18 mm	—	0,27 mm	
	plus de 18 mm jusqu'à 30 mm	—	0,33 mm	
	plus de 30 mm jusqu'à 50 mm	—	0,39 mm	
Dimensions transversales des éprouvettes à section rectangulaire usinées sur deux faces opposées seulement (unités inch)	plus de 0,237 in jusqu'à 0,394 in	—	0,009 in	
	plus de 0,394 in jusqu'à 0,709 in	—	0,010 in	
	plus de 0,709 in jusqu'à 1,182 in	—	0,012 in	
	plus de 1,182 in jusqu'à 1,969 in	—	0,016 in	

* Les tolérances d'usinage sont applicables lorsqu'on désire faire intervenir dans le calcul la valeur nominale de la section, sans avoir à mesurer, ni à calculer cette section.

** Valeurs arrondies à 0,001 in.

6. DÉTERMINATION DE L'ALLONGEMENT

L'allongement doit être déterminé au moyen d'un extensomètre. L'extensomètre doit être tel qu'une mesure d'allongement ne diffère pas de la valeur réelle de cet allongement de plus de 0,01 % de la base de mesure de l'extensomètre et être d'un type qui tienne compte des allongements de deux génératrices opposées de l'éprouvette. La longueur entre repères ne sera jamais inférieure à 25 mm (1 in); elle sera de préférence non inférieure à 50 mm (2 in). La base de mesure de l'extensomètre ne sera pas inférieure à 10 mm et sera située au milieu de la partie calibrée. Les écarts de dimensions de la longueur prescrite ne doivent pas excéder 2 %. L'extensomètre peut être fixé sur la partie calibrée ou sur les têtes de l'éprouvette; dans ce dernier cas, l'allongement sera calculé en supposant que la variation de longueur observée s'est produite entièrement sur la longueur de la partie calibrée. Pour la mesure de la limite inférieure d'écoulement, la détermination de l'allongement peut, dans certaines circonstances, ne pas être nécessaire (voir paragraphe 10.4); on peut alors se passer d'extensomètre.

NOTE. — La déformation additionnelle qui se produit entre les points de fixation de l'extensomètre et les extrémités de la longueur calibrée réduit la valeur trouvée pour la limite conventionnelle d'élasticité. Cet effet est généralement si faible qu'il peut être négligé.

7. APPAREIL DE CHAUFFAGE

- 7.1 L'appareil de chauffage des éprouvettes doit être tel que l'éprouvette puisse être portée à une température qui, à tout moment pendant toute la durée de l'essai et en tout point de l'étendue de la longueur entre repères, ne s'écarte pas de la température spécifiée de plus de ± 5 °C pour les températures jusqu'à et y compris 800 °C ou ± 6 °C pour les températures au-dessus de 800 °C jusqu'à et y compris 1000 °C.
- 7.2 L'équipement de mesure de la température doit être étalonné fréquemment.

8. MESURE DE LA TEMPÉRATURE

- 8.1 On doit disposer d'un équipement de mesure de la température capable d'indiquer la température de l'éprouvette avec une sensibilité de 1 °C.
- 8.2 En général, il convient de faire usage d'au moins trois couples thermoélectriques*, disposés aux deux extrémités et au milieu de la longueur calibrée. Ce nombre peut être réduit, si la disposition d'ensemble du four et de l'éprouvette est telle que, par expérience, on soit assuré que la variation de température de l'éprouvette n'excède pas le maximum spécifié au paragraphe 7.1.

9. CHAUFFAGE DES ÉPROUVETTES ET CONTRÔLE DE LA TEMPÉRATURE

L'éprouvette doit être chauffée à la température spécifiée et maintenue à cette température pendant la durée de l'essai dans les limites des tolérances spécifiées au paragraphe 7.1. La mise en charge ne sera opérée qu'au moins 10 minutes après la stabilisation complète des indications de l'appareil de mesure de la température et, éventuellement, de l'extensomètre.

* L'attention est attirée sur la nécessité de vérifier souvent l'étalonnage des couples thermoélectriques.

10. VITESSE D'ESSAI

- 10.1 La limite inférieure d'écoulement et la limite conventionnelle d'élasticité sont influencées par la vitesse de déformation; une vitesse de déformation plus grande amenant généralement des valeurs plus élevées. Par conséquent, lorsqu'on atteint les valeurs correspondant à cette charge unitaire, la vitesse de déformation de l'éprouvette doit être réglée entre 0,001 et 0,003 par minute. Les intervalles de temps entre les mesures servant à déterminer cette vitesse ne doivent pas excéder 6 secondes.
- 10.2 Lorsqu'il y a un écoulement en dents de scie (voir paragraphe 12.5), il n'est pas possible d'enregistrer la vitesse de déformation effective; on prendra donc pour charge unitaire la plus faible valeur enregistrée.
- 10.3 L'éprouvette doit être chargée progressivement jusqu'à ce que soit atteinte la limite inférieure d'écoulement ou la limite conventionnelle d'élasticité.
- 10.4 Lorsque des essais antérieurs comportant l'emploi d'un extensomètre ont montré que, pour un acier déterminé, à une température déterminée, un réglage convenable de la machine d'essai permet de maintenir la vitesse de déformation dans les limites admises (voir paragraphe 10.1), ce même réglage peut être utilisé pour des essais à la même température et sur le même type d'acier, de la même section, sans mesure effective de la vitesse de déformation.

11. MESURE DE LA CHARGE

La charge doit être mesurée sans interpolation entre les divisions de la graduation de la machine d'essai avec la précision de $\pm 1\%$, correspondant à la classe 1,0 de la Recommandation ISO/R 147, *Tarage du point de vue des charges des machines utilisées pour l'essai de traction de l'acier*. Un mécanisme automatique d'enregistrement des charges et des allongements peut être employé à condition que la charge soit déterminée avec la précision indiquée ci-dessus.

12. DÉTERMINATION DES CARACTÉRISTIQUES

- 12.1 Suivant la matière et l'équipement employé, on peut obtenir diverses formes de courbe effort-déformation. Quelques exemples typiques sont donnés dans les Figures 2(a), 2(b), 2(c), 2(d) et 2(e).

Les repères numériques de ces figures ont les significations suivantes :

1. Matériau ayant un comportement élastique, la charge est proportionnelle à la déformation.
2. Limite conventionnelle d'élasticité à 0,2 %.
3. Limite supérieure d'écoulement.
4. Limite inférieure d'écoulement.
5. Accroissement soudain.
6. Déformation totale pendant l'écoulement.
7. Ecoulement en dents de scie, associé aux phénomènes de vieillissement.
8. Phénomènes transitoires.

- 12.2 **Limite conventionnelle d'élasticité.** La Figure 2(a) montre la courbe obtenue normalement lorsqu'il n'y a pas de phénomène d'écoulement. La limite conventionnelle d'élasticité doit être déterminée d'après le diagramme effort-déformation (Fig. 2(a)), sur lequel on trace une droite parallèle à la portion rectiligne, à une distance correspondant au pourcentage de déformation prescrit. Le point d'intersection de cette droite avec la courbe indique la charge unitaire cherchée.

Si le matériau présente un phénomène d'écoulement, c'est-à-dire si la droite coupe la courbe dans une zone où les déformations apparentes de plasticité sont associées à l'écoulement, la limite conventionnelle d'élasticité n'a pas de signification et la limite inférieure d'écoulement doit être déterminée (voir paragraphe 12.3).