

transformée

ISO

ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION

RECOMMANDATION ISO
R 1099

ESSAIS DE FATIGUE PAR CHARGE AXIALE

1^{ère} ÉDITION

Juillet 1969

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 1099, *Essais de fatigue par charge axiale*, 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 aboutirent à l'adoption d'un Projet de Recommandation ISO.

En juin 1968, ce Projet de Recommandation ISO (N° 1351) 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 du Sud, Rép. d'	Finlande	Pologne
Allemagne	Hongrie	Roumanie
Australie	Inde	Royaume-Uni
Brésil	Israël	Suisse
Canada	Italie	Tchécoslovaquie
Colombie	Japon	Thaïlande
Corée, Rép. de	Norvège	Turquie
Danemark	Pays-Bas	U.R.S.S.
Espagne	Pérou	U.S.A.

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

Belgique
France
Nouvelle-Zélande
Suède

Le Projet de Recommandation ISO fut alors soumis par correspondance au Conseil de l'ISO qui décida, en juillet 1969, de l'accepter comme RECOMMANDATION ISO.

ESSAIS DE FATIGUE PAR CHARGE AXIALE

1. OBJET

La présente Recommandation ISO contient les conditions d'exécution des essais de fatigue sous charge axiale sur des éprouvettes, sans introduction délibérée des concentrations de contrainte. Les essais sont conduits à température ambiante dans l'air, la charge étant appliquée à l'éprouvette suivant l'axe longitudinal passant par le centre géométrique de chaque section transversale.

La présente Recommandation ISO décrit la forme, la préparation et les essais seulement pour les éprouvettes de section transversale circulaire et rectangulaire; les essais sur pièces et les autres formes spéciales d'essais ne sont pas compris dans la présente Recommandation ISO. Les essais sur des éprouvettes à section rectangulaire très mince ne sont pas couverts par la présente Recommandation ISO.

Les résultats d'essais de fatigue peuvent être affectés par les conditions atmosphériques et, lorsque des conditions contrôlées sont requises, il convient d'appliquer le paragraphe 2.1 de la Recommandation ISO/R 554, *Atmosphères normales de conditionnement et/ou d'essai – Atmosphère normale de référence – Spécifications*.

2. BUT DE L'ESSAI

Les essais ont pour but de déterminer les caractéristiques à la fatigue, telles que la courbe S/N décrite dans la Recommandation ISO/R 373, *Principes généraux de l'essai de fatigue des métaux*.

3. PRINCIPE DE L'ESSAI

Des éprouvettes nominalelement identiques sont montées dans une machine d'essai de fatigue à charge axiale et soumises aux conditions de charge requises, qui introduisent l'un quelconque des types de contraintes cycliques, représentés à la Figure 3 dans la Recommandation ISO/R 373. L'essai sera poursuivi jusqu'à la rupture de l'éprouvette (fin d'essai) ou jusqu'à ce qu'un nombre prédéterminé de cycles de contrainte ait été dépassé. (voir chapitre 10.)

NOTE. – Pour la définition de l'expression "fin d'essai", voir la Recommandation ISO/R 373.

4. SYMBOLES ET DÉFINITIONS

Les symboles suivants (voir Figures 1 et 2) sont utilisés dans la présente Recommandation ISO :

Symboles	Définitions
D	Diamètre des têtes de l'éprouvette, si elles sont lisses, ou diamètre extérieur, si elles sont filetées
d	Diamètre de l'éprouvette à l'endroit du maximum de contrainte
L_c	Longueur de la partie parallèle
r	Rayon* au début du raccordement entre le diamètre d ou la largeur b de la partie soumise à l'essai, et le diamètre D ou la largeur B des têtes de l'éprouvette ou rayon de l'arc continu entre les deux têtes de l'éprouvette
a	Epaisseur de la partie soumise à l'essai d'éprouvettes à section rectangulaire
b	Largeur à l'endroit du maximum de contrainte d'éprouvettes à section rectangulaire
B	Largeur des têtes d'éprouvettes à section rectangulaire

D'autres symboles et définitions concernant les essais de fatigue sont donnés dans la Recommandation ISO/R 373.

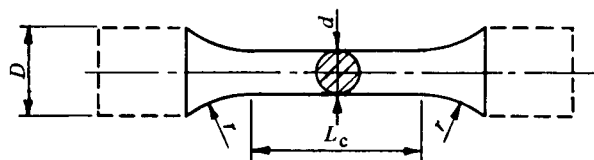


FIG. 1a

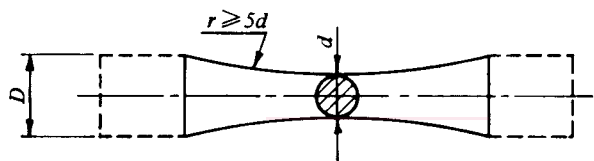


FIG. 1b

FIG. 1 – Epreuves à section circulaire

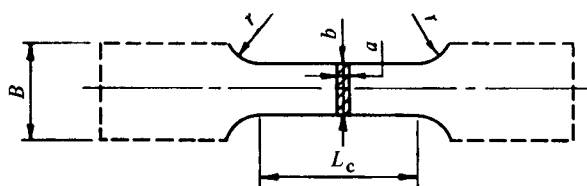


FIG. 2a

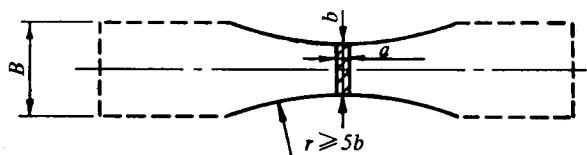


FIG. 2b

FIG. 2 – Epreuves à section rectangulaire

* Ce raccordement peut ne pas être exactement un arc de cercle sur toute sa distance entre l'extrémité de la partie soumise à l'essai et le commencement de l'extrémité élargie dans les éprouvettes des types représentés aux Figures 1a et 2a.

5. FORME ET DIMENSIONS DE L'ÉPROUVETTE

5.1 Forme de l'éprouvette

L'éprouvette peut être à

- a) section circulaire avec des congés se raccordant tangentiellement entre la partie soumise à l'essai et les extrémités (Fig. 1a), ou avec un arc de cercle de rayon continu entre les extrémités (Fig. 1b);
- b) section rectangulaire d'épaisseur uniforme sur toute la partie soumise à l'essai avec des congés se raccordant tangentiellement* entre la partie soumise à l'essai et les têtes de l'éprouvette (Fig. 2a) ou avec un arc de cercle de rayon continu entre les extrémités (Fig. 2b).

Les extrémités de l'éprouvette doivent être d'une forme convenant au type de machine utilisé et au métal à essayer.

Les extrémités fixées de l'éprouvette doivent être symétriques par rapport à l'axe ou aux axes de la partie réduite, soumise à l'essai. Pour certains types de machines d'essai de fatigue, à charge axiale, il importe que les extrémités des éprouvettes soient usinées exactement d'équerre par rapport à l'axe ou aux axes de la partie de l'éprouvette soumise à l'essai.

Quelle que soit la forme de l'éprouvette, si la partie soumise à l'essai est formée par un arc de cercle de rayon continu, ce rayon ne doit pas être inférieur à $5d$ ou $5b$.

Le type de l'éprouvette utilisé dépendra des renseignements que l'on désire obtenir par l'essai de fatigue et de la forme sous laquelle le métal est disponible. S'il s'agit de déterminer les caractéristiques fondamentales d'un métal au point de vue fatigue, il est préférable, dans la mesure du possible, d'utiliser des éprouvettes à section circulaire. Pour des produits sous forme de barres rondes, l'emploi d'éprouvettes circulaires s'impose évidemment. Les éprouvettes à section rectangulaire sont toujours employées pour les essais des tôles ou des plaques minces. Pour des produits de grande épaisseur, comme par exemple des pièces forgées, on peut utiliser l'une ou l'autre forme d'éprouvette, mais il convient de noter que la forme de la section de l'éprouvette peut affecter la valeur des résultats obtenus par l'essai de fatigue.

5.2 Dimensions des éprouvettes

Toutes les éprouvettes utilisées pour une détermination de fatigue doivent avoir les mêmes dimensions nominales.

Lorsqu'il faut déterminer les caractéristiques fondamentales d'un métal au point de vue fatigue, les dimensions et les tolérances ci-après sont applicables :

- a) *Section circulaire.* La valeur nominale du diamètre d , à l'endroit du maximum de contrainte, doit être comprise entre 6 mm (0,25 in) et 12,5 mm (0,5 in). Si possible, la tolérance de forme de la partie cylindrique de l'éprouvette soumise à l'essai ne doit pas être supérieure à 0,02 mm (0,001 in).

Dans le cas d'éprouvettes à prélever sur pièces courtes, on pourra être amené, pour obtenir une éprouvette normale, à adopter un diamètre inférieur à 6 mm.

Pour le calcul de la charge à appliquer pour obtenir la contrainte requise, le diamètre effectif minimum de chaque éprouvette doit être mesuré avec une précision de 0,01 mm (0,0005 in). Lors de la mesure de l'éprouvette, effectuée avant de procéder à l'essai, il convient de vérifier que la surface n'est pas endommagée.

NOTE. — Dans les essais pour lesquels le cycle de contrainte entre dans la zone de compression, le rapport L_c/d ne doit pas être supérieur à 4. Il peut s'avérer nécessaire de réduire considérablement ce rapport pour éviter des contraintes élevées dues au flambage.

* Dans le cas d'éprouvettes à section rectangulaire, il peut être nécessaire de réduire la section d'essai, tant dans le sens de la largeur, que dans le sens de l'épaisseur. Si cela est nécessaire, il convient de prévoir des congés à raccordement tangentiels, tant dans le sens de la largeur, que dans celui de l'épaisseur.

- b) *Section transversale rectangulaire.* Les valeurs nominales de l'épaisseur a et de la largeur b doivent être telles que l'aire de la section transversale, à l'endroit du maximum de contrainte, soit comprise entre $32,2 \text{ mm}^2$ ($0,05 \text{ in}^2$) et 645 mm^2 ($1,0 \text{ in}^2$). Si possible, la tolérance de forme de la partie prismatique ne sera pas supérieure à $0,02 \text{ mm}$ ($0,001 \text{ in}$).

Pour le calcul de la charge à appliquer pour obtenir la contrainte requise, la section transversale doit être calculée en partant de la mesure des dimensions correspondantes, faite avec une tolérance ne dépassant pas $\pm 0,5 \%$ pour chaque dimension. Lors de la mesure de l'éprouvette, effectuée avant de procéder à l'essai, il convient de vérifier que la surface n'est pas endommagée.

NOTES

1. La section transversale autorisée pour les éprouvettes à section rectangulaire varie dans de plus larges limites que pour celles à section circulaire, parce que la forme rectangulaire est souvent utilisée pour obtenir des renseignements sur des tôles et des plaques d'épaisseur très variable.
2. La tolérance de mesure admise pour les éprouvettes à section rectangulaire tient compte du fait que ces éprouvettes peuvent être essayées avec leur surface "à l'état de livraison".
3. Dans les essais pour lesquels le cycle de contrainte entre dans la zone de compression, le rapport L_c/d ne doit pas être supérieur à 4. Il peut s'avérer nécessaire de réduire considérablement ce rapport pour éviter des contraintes élevées dues au flambage. Il peut également être nécessaire de tenir compte du rapport largeur/épaisseur, compte tenu des contraintes de flambage.

6. PRÉPARATION DE L'ÉPROUVETTE

6.1 Méthode d'usinage

Il est nécessaire de s'assurer que toute opération de coupe (telle que le découpage à la flamme) ou d'usinage, soit pour dégrossir l'éprouvette à partir de l'ébauche, soit pour l'usiner à la dimension, n'altère pas la structure métallurgique ou les caractéristiques de l'éprouvette. Toutes les passes d'usinage doivent être faites de façon à réduire au minimum l'écroûissage de la surface de l'éprouvette. La rectification peut être utilisée, notamment pour la finition d'éprouvettes en acier relativement dur, mais une quantité suffisante de liquide de refroidissement doit être utilisée afin d'éviter un échauffement excessif de la surface. (Voir paragraphe 4.2 de la Recommandation ISO/R 373.)

Pendant toute la durée de l'opération d'usinage ou de rectification, l'affûtage et le réglage de l'outil, l'état de la meule et de la rectifieuse, ainsi que les vitesses et les avances doivent être conformes à la bonne pratique d'atelier pour les matériaux considérés, compte tenu des exigences des paragraphes 6.2, 6.3, 6.4 et 6.5.

6.2 Usinage au tour

Il est recommandé d'adopter les modes opératoires suivants :

- 6.2.1 Pour un dégrossissage de l'éprouvette, à partir d'un diamètre de $x + 5 \text{ mm}$ ($x + 0,2 \text{ in}$) (x est généralement le diamètre d plus une surépaisseur convenable pour la finition de la surface) jusqu'au diamètre $x + 0,5 \text{ mm}$ ($x + 0,02 \text{ in}$), procéder à une succession de passes de profondeurs décroissantes, les profondeurs de passe recommandées étant comme suit :

1,25 mm	(0,05 in)
0,75 mm	(0,03 in)
0,25 mm	(0,01 in)

- 6.2.2 A partir du diamètre $x + 0,5 \text{ mm}$ ($x + 0,02 \text{ in}$) jusqu'au diamètre x , procéder à une nouvelle succession de passes de profondeurs décroissantes, les profondeurs recommandées étant comme suit :

0,125 mm	(0,005 in)
0,075 mm	(0,003 in)
0,05 mm	(0,002 in)

Pour ces opérations de finition, une avance ne dépassant pas $0,06 \text{ mm}$ ($0,0025 \text{ in}$) par révolution doit être utilisée.

6.3 Fraisage

Ce procédé peut être appliqué pour obtenir une ébauche de l'éprouvette à partir de billettes ou de plaques et, dans le cas d'éprouvettes à section rectangulaire, pour l'usinage de ces ébauches à la dimension définitive de l'éprouvette.

En choisissant les vitesses de coupe et les avances, il faut prendre en considération le matériau de l'éprouvette et, pour les coupes de finition, la qualité requise du fini de surface.

NOTE. — Il n'est pas possible de recommander un mode opératoire pour le fraisage. Les vitesses de coupe et les profondeurs de passe diffèrent pour le fraisage en bout et le fraisage de côté, tandis que la composition du matériau et les conditions exercent également une influence sur ces valeurs.

6.4 Rectification

Dans le cas d'éprouvettes à prélever dans un matériau qui ne peut pas être facilement travaillé au tour, il est recommandé d'effectuer les opérations de finition par rectification.

L'éprouvette doit être ensuite amenée à la dimension par rectification. Il convient de faire une série de passes de profondeurs décroissantes, les valeurs recommandées étant comme suit :

- profondeur de passe de 0,030 mm (0,0012 in) jusqu'à une surépaisseur de 0,1 mm (0,004 in),
- profondeur de passe de 0,005 mm (0,0002 in) jusqu'à une surépaisseur de 0,025 mm (0,001 in),
- profondeur de passe de 0,0025 mm (0,0001 in) jusqu'à la dimension exacte.

6.5 Finition de la surface

Après avoir été amenée à la dimension nominale par usinage au tour ou par rectification, la partie utile de l'éprouvette devra être polie soit à la main, soit à la machine, en utilisant successivement des toiles abrasives ou des papiers abrasifs de plus en plus fins. Le polissage doit être effectué, en règle générale, en direction longitudinale; cependant, des passes intermédiaires peuvent être effectuées en toute direction, pour enlever les rayures longitudinales laissées par les toiles ou les papiers grossiers. L'opération finale de polissage doit toujours se faire essentiellement dans le sens longitudinal.

Les successions de polissage employées doivent être telles que la partie soumise à l'essai, après polissage, présente une finesse de surface d'au moins 0,025 microns (CLA).

6.6 Stockage avant essais

Si les essais des éprouvettes ont lieu un certain temps après la préparation finale, il convient d'examiner, par des moyens appropriés, les éprouvettes pour s'assurer qu'aucune détérioration de la surface n'ait eu lieu pendant cette période de stockage. Si une détérioration est constatée, l'éprouvette devra être soumise à un nouveau polissage, pour enlever tous les défauts de surface, tels que piqûres de corrosion, par exemple.

Dans le cas d'éprouvettes à section rectangulaire, il est recommandé de les ébarber et d'adoucir les angles vifs. Normalement, ces opérations peuvent être faites à la main avec un papier abrasif simple.

NOTE. — Les procédés indiqués aux paragraphes 6.2, 6.4 et 6.5 représentent la pratique normale pour une grande variété de matériaux. Il ne faut pas en déduire que ces procédés sont entièrement applicables à tous les matériaux et à tous les états de traitement thermique de ces matériaux. Par exemple, une surépaisseur de 0,5 mm (0,02 in) du diamètre x pour le traitement thermique avant la rectification finale à la dimension peut ne pas être suffisante. Cette surépaisseur a pour but de permettre l'élimination de toute partie de matière affectée par des phénomènes superficiels dus au procédé de traitement thermique, tels que décarburation, distorsion, etc.; la surépaisseur doit être suffisante pour assurer l'élimination complète de toutes les manifestations associées à ces effets.

Quelques essais de fatigue pourront être entrepris en vue d'étudier le comportement de matériaux ayant reçu un état de surface particulier (tel que matériaux grossièrement usinés, finement usinés ou à l'état "de livraison"), pour lesquels des conditions spéciales seraient applicables.

7. MONTAGE DE L'ÉPROUVETTE

Chaque éprouvette doit être montée sur la machine d'essai de manière à éviter, à la partie soumise à l'essai, toute contrainte autre que celles imposées par la charge appliquée.

Prendre soin de s'assurer que chaque éprouvette est logée dans les mâchoires supérieure et inférieure de façon que la charge soit appliquée axialement et que l'éprouvette subisse le cycle voulu de contrainte. Dans le cas d'éprouvettes à section rectangulaire, il pourra être important de s'assurer que la charge soit uniformément répartie sur la section de l'éprouvette. Avec des éprouvettes à section circulaire filetées aux extrémités, effectuer les opérations de serrage des écrous de verrouillage de l'éprouvette dans un ordre tel que l'éprouvette ne subisse pas de contraintes de torsion.

NOTE. – Pour l'introduction des éprouvettes dans la machine d'essai, il convient de suivre les recommandations du constructeur de la machine.

8. VITESSE DE L'ESSAI

La fréquence des cycles de contrainte dépend du type de la machine d'essai utilisée et, souvent, de la rigidité de l'éprouvette.

Il faut choisir la vitesse d'essai la mieux appropriée pour la combinaison particulière du matériau, de l'éprouvette et de la machine d'essai, compte tenu particulièrement de l'échauffement qui peut se produire en raison de la dissipation rapide de l'énergie de déformation dans l'éprouvette.

NOTE. – La fréquence des machines d'essai de fatigue sous charge axiale généralement employée est située approximativement dans les limites de 250 à 18 000 cycles par minute.

9. APPLICATION DE LA CHARGE

Le mode opératoire général pour atteindre les conditions de fonctionnement à pleine charge doit être le même pour toutes les éprouvettes. La charge doit être appliquée axialement.

Si les fréquences sont déterminées à partir de la combinaison des caractéristiques dynamiques de l'éprouvette et de la machine d'essai, il pourra être nécessaire de mesurer la rigidité de l'éprouvette avant de procéder à l'essai.

Pendant les premières phases de l'essai, contrôler fréquemment la charge pour s'assurer que les conditions requises sont maintenues. Ensuite, ajuster et régler les dispositifs de maintien de la charge et les dispositifs d'arrêt en cas de rupture de l'éprouvette.

Pendant la durée de l'essai, il faut vérifier la charge à des intervalles fréquents pour s'assurer que les conditions de charge n'ont pas changé.

La charge moyenne et l'intervalle de charge, déterminés selon une méthode appropriée d'étalonnage dynamique, doivent être connus à 3 % près de la charge maximale du cycle ou à 0,5 % près de la charge maximale de la machine (appliquer la plus grande de ces deux valeurs).

NOTE. – Certains utilisateurs de machines d'essai de fatigue par charge axiale se fient entièrement à l'étalonnage statique au moyen de dispositifs de vérification élastiques. Ce mode opératoire ne tient pas compte de la réponse dynamique du dynamomètre de la machine d'essai, laquelle peut être très différente du comportement statique; un étalonnage dynamique est donc préférable et une Recommandation ISO sur ce sujet est en préparation.

10. ENDURANCES

Le nombre de cycles, déterminé à l'avance, au bout duquel un essai est interrompu, dépendra généralement du matériau soumis à l'essai. La courbe S/N de certains matériaux présente une nette modification de pente après un nombre donné de cycles, de telle sorte que la dernière partie de la courbe devient parallèle à l'axe horizontal. Avec d'autres matériaux, la forme de la courbe S/N peut être une courbe continue qui peut devenir asymptotique à l'axe horizontal. Dans le cas des courbes S/N du premier type, il est recommandé d'utiliser, comme base de détermination, une endurance de 10^7 cycles et, pour les courbes du deuxième type, une endurance de 10^8 cycles.