

# ISO

ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION

## RECOMMANDATION ISO R 1143

ESSAIS DE FATIGUE PAR FLEXION ROTATIVE DE BARREAUX

---

1<sup>ère</sup> ÉDITION

Novembre 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 1143, *Essais de fatigue par flexion rotative de barreaux*, 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° 1350) 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'	Inde	Roumanie
Allemagne	Israël	Royaume-Uni
Australie	Italie	Suède
Brésil	Japon	Suisse
Canada	Norvège	Tchécoslovaquie
Corée, Rép. de	Pays-Bas	Thaïlande
Danemark	Pérou	Turquie
Espagne	Pologne	U.R.S.S.
Finlande	Portugal	U.S.A.
Hongrie	R.A.U.	

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

Belgique  
France

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

## ESSAIS DE FATIGUE PAR FLEXION ROTATIVE DE BARREAUX

### 1. OBJET

La présente Recommandation ISO fixe les conditions d'exécution d'essais de fatigue par flexion rotative de barreaux sur des éprouvettes ayant un diamètre nominal de 5 mm (0,2 in) et de 12,5 mm (0,5 in), sans introduire délibérément des concentrations de contraintes. Les essais sont effectués à la température ambiante, dans l'air, une rotation étant imprimée à l'éprouvette.

Les résultats d'essais de fatigue peuvent être affectés par les conditions atmosphériques; aussi, 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 la détermination des 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 nominalement identiques sont chacune soumises à une rotation ainsi qu'à un moment de flexion. Les forces donnant naissance au moment de flexion ont une rotation fixe. L'éprouvette peut être montée soit en console (à une extrémité), avec application de la charge en un point ou en deux points, soit comme une poutre (aux deux extrémités) avec application de la charge en quatre points. L'essai sera poursuivi jusqu'à la rupture de l'éprouvette (fin de l'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 sont utilisés dans la présente Recommandation ISO :

Symboles	Définitions
$D$	Diamètre de l'extrémité fixée ou chargée de l'éprouvette
$d$	Diamètre de l'éprouvette à l'endroit du maximum de contrainte
$r$	Rayon* des extrémités de la partie soumise à l'essai où commence le raccordement à partir de la partie de diamètre $d$

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

\* Il n'est pas nécessaire que ce raccordement soit un arc de cercle parfait sur toute la longueur entre l'extrémité de la partie soumise à l'essai et le début des extrémités élargies pour les éprouvettes indiquées aux Figures 1, 4 et 5.

## 5. DIMENSIONS ET FORME DE L'ÉPROUVETTE

### 5.1 Forme de la partie soumise à l'essai

La partie soumise à l'essai peut être

- a) cylindrique, avec des congés se raccordant tangentiellement à une ou aux deux extrémités (voir Figures 1, 4 et 5);
- b) tronconique (voir Figure 2);
- c) toroïdale (voir Figures 3, 6 et 7).

Dans chaque cas, la partie de l'éprouvette soumise à l'essai doit avoir une section circulaire.

La forme de la partie soumise à l'essai peut dépendre du mode d'application de la charge à employer. Si les éprouvettes cylindriques ou toroïdales peuvent être chargées comme poutres ou en consoles avec la charge appliquée en un ou en deux points, les éprouvettes tronconiques ne peuvent être utilisées qu'en consoles avec la charge en un seul point. Les Figures 1 à 7 montrent schématiquement le moment de flexion et les diagrammes des contraintes nominales pour les différents cas qui peuvent se présenter dans la pratique.

Les volumes de métal soumis aux contraintes élevées ne sont pas les mêmes pour les différentes formes d'éprouvettes et celles-ci ne donnent pas nécessairement des résultats identiques. La préférence sera accordée à l'essai dans lequel le plus grand volume de métal est soumis à une forte contrainte.

L'expérience montre que, pour des éprouvettes filetées d'un matériau déterminé, il est souhaitable que le rapport entre l'aire de la section de la partie soumise à l'essai et l'aire de la section filetée soit de 3 : 1.

NOTE. — Dans l'essai de certains matériaux, une combinaison de forte contrainte et de vitesse élevée peut provoquer un échauffement excessif de l'éprouvette. On peut réduire cet effet en soumettant un plus petit diamètre du matériau à la contrainte spécifiée. Si l'éprouvette est refroidie, le milieu refroidissant ne doit pas avoir d'effet sur le matériau de l'éprouvette.

### 5.2 Diamètre des éprouvettes

Toutes les éprouvettes utilisées pour une détermination des caractéristiques de fatigue doivent avoir le même diamètre nominal,  $d \pm 0,005$  mm (0,002 in).

La valeur nominale du diamètre  $d$  doit se trouver entre 5 mm (0,2 in) et 12,5 mm (0,5 in). Les valeurs recommandées de  $d$  sont : 6 mm (0,25 in), 7,5 mm (0,3 in) et 9,5 mm (0,375 in).

Pour le calcul de la charge à appliquer pour obtenir la contrainte requise, le diamètre minimal effectif 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.

Pour les éprouvettes cylindriques soumises à un moment de flexion constant (voir Figures 4 et 5), la tolérance de forme sur la partie cylindrique de l'éprouvette soumise à l'essai ne doit pas avoir un écart de parallélisme supérieur à 0,025 mm (0,001 in). Pour les autres éprouvettes cylindriques (voir Figure 1), la tolérance de forme sur la partie cylindrique de l'éprouvette soumise à l'essai ne doit pas avoir un écart de parallélisme supérieur à 0,05 mm (0,002 in). Les congés aux extrémités de la partie soumise à l'essai doivent avoir un rayon d'arrondi qui ne soit pas inférieur à  $3d$ . Pour les éprouvettes toroïdales, la génératrice de la partie de l'éprouvette soumise à l'essai ne doit pas avoir un rayon inférieur à  $5d$ .

## 6. PRÉPARATION DE L'ÉPROUVETTE

### 6.1 Méthode d'usinage

Il est nécessaire de s'assurer que toute opération de coupe ou d'usinage requise, soit pour dégrossir l'éprouvette à partir d'une ébauche, soit pour l'usiner à la dimension, n'en altère pas l'état structural ou les caractéristiques. Toutes les passes d'usinage doivent être choisies de façon à réduire au minimum l'écroutissage de la surface de l'éprouvette. La rectification peut être utilisée, notamment dans la finition à la dimension 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 des opérations d'usinage ou à la meule, l'affûtage de l'outil et sa position, 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 le matériau considéré, compte tenu des exigences des paragraphes 6.2, 6.3, et 6.4.

### 6.2 Usinage au tour

Il est recommandé d'adopter les modes opératoires suivants :

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

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

en utilisant, pour ces opérations de finition, une avance ne dépassant pas 0,06 mm (0,0025 in) par révolution.

### 6.3 Rectification

Dans le cas d'éprouvettes prélevées d'un matériau qui ne peut pas être facilement travaillé au tour, il est recommandé d'effectuer des opérations de finition par rectification. Lorsque les caractéristiques de résistance du métal ont été obtenues par un traitement thermique, ce traitement thermique doit être effectué après un dégrossissage au tour au diamètre  $x + 0,5$  mm ( $x + 0,02$  in).

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.

### 6.4 Finition de la surface

Après avoir été amenée au diamètre  $x$  par usinage 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 s'effectuer en règle générale, en direction longitudinale; toutefois, des stades intermédiaires peuvent être effectués en toute direction pour enlever les rayures longitudinales laissées par les toiles ou les papiers grossiers.

Les successions de polissage employées doivent être telles que la partie soumise à l'essai, après polissage, possède une finesse de surface d'au moins 0,025 microns (Système  $R_a$ ). On considère généralement qu'il est satisfaisant d'adopter une succession d'opérations de polissage de façon telle que le dernier papier utilisé soit un papier au carborundum imperméable à l'eau, de degré de finesse 600.

## 6.5 Stockage avant essais

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

NOTE. - Les procédés indiqués aux paragraphes 6.2, 6.3 et 6.4 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 (0,002 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 tous les défauts de surface dus au procédé de traitement thermique tels que décarburation, distorsion, etc., et la surépaisseur utilisée en pratique 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, à l'état «de livraison») pour lesquels s'appliquent des conditions spéciales.

## 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.

Si les paliers transmettant la charge sont fixés à l'éprouvette au moyen de collerettes fendues, il peut être souhaitable, dans certains cas, de mettre en place et de bien serrer ces collerettes avant de monter l'éprouvette dans la machine d'essai, afin d'empêcher une contrainte de torsion initiale. Il est quelquefois nécessaire, d'agir de même si la fixation de l'éprouvette se fait par un ajustement à serrage.

Pour éviter des vibrations au cours de l'essai, la coaxialité de l'éprouvette et de l'arbre de commande de la machine d'essai doit être maintenue dans d'étroites limites. Les tolérances admissibles sont de  $\pm 0,025$  mm ( $\pm 0,001$  in) à l'extrémité fixée et, éventuellement,  $\pm 0,013$  mm ( $\pm 0,0005$  in) à l'extrémité libre pour les machines d'essais à application de la charge en un point et pour certains types de machines à application de la charge en deux points. Pour d'autres types de machines d'essais de fatigue par flexion rotative, la tolérance d'excentricité, mesurée en deux points le long de la partie effectivement soumise à l'essai, est de  $\pm 0,013$  mm ( $\pm 0,0005$  in). Le degré de coaxialité requis doit être atteint avant toute application de la charge.

NOTE. - Les recommandations du constructeur de la machine d'essai doivent être observées lors de la fixation des éprouvettes sur la machine.

## 8. VITESSE DE L'ESSAI

Il est recommandé d'effectuer les essais entre 1000 à 9000 cycles par minute. Les vitesses provoquant un effet de balourd de l'éprouvette seront évitées.

## 9. APPLICATION DE LA CHARGE

Le processus adopté pour arriver aux conditions de fonctionnement à pleine charge doit être le même pour toutes les éprouvettes. La machine d'essai doit être mise en marche et la vitesse désirée doit être atteinte avant que l'application de la charge ait commencé. La charge doit être ensuite appliquée par paliers ou de façon continue, sans chocs et aussi rapidement qu'il convient. De petits ajustements de la vitesse de fonctionnement pourront alors être effectués au cas où une fréquence particulière est requise.

Le moment de flexion appliqué doit être exact à 1 % près.

## 10. ENDURANCE (DURÉE DE VIE EN FATIGUE)

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 pendant 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 finalement asymptotique à l'axe horizontal. Dans les 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.

## 11. RAPPORT D'ESSAI

En présentant les résultats de l'essai de fatigue, les conditions de l'essai doivent être clairement définies et les procès-verbaux d'essai doivent donner des indications détaillées sur les points suivants :

- 11.1 Le matériau essayé et ses caractéristiques métallurgiques. Référence peut généralement être faite à la Recommandation ISO appropriée selon laquelle le matériau a été produit.
- 11.2 La méthode d'application de la contrainte et le type de la machine utilisée. Lorsque le tarage de la machine d'essai ne satisfait pas à la partie correspondante de la présente Recommandation, la méthode de tarage utilisée doit être indiquée.
- 11.3 Le type, les dimensions et les conditions de surface de l'éprouvette ainsi que les points d'application de la charge.
- 11.4 La fréquence des cycles de contrainte.
- 11.5 Si possible, la température de l'éprouvette, au cas où elle est notablement plus élevée que la température ambiante.
- 11.6 L'humidité relative, si elle n'est pas comprise entre 50 et 70 %. L'humidité relative doit être mesurée quotidiennement pendant la durée de l'essai.
- 11.7 Le critère de la fin de l'essai peut être, soit sa durée (par exemple  $2 \times 10^6$  cycles) soit la rupture complète, ou un autre critère à convenir (voir Note 1).
- 11.8 Tout écart des conditions requises pendant l'essai.
- 11.9 Traitement thermique subi par l'échantillon, le cas échéant.

## NOTES

1. Dans la plupart des déterminations de fatigue, le critère de fin d'essai correspond soit à l'apparition d'une fissure de fatigue visible, soit à une rupture franche. On doit toutefois noter que, pour des applications particulières, d'autres critères, comme par exemple la déformation plastique de l'éprouvette ou la vitesse de développement de la fissure peuvent être adoptés pour définir la fin de l'essai.
2. Les résultats des essais peuvent être présentés graphiquement. Des formes de représentation appropriées figurent dans la Recommandation ISO/R 373.

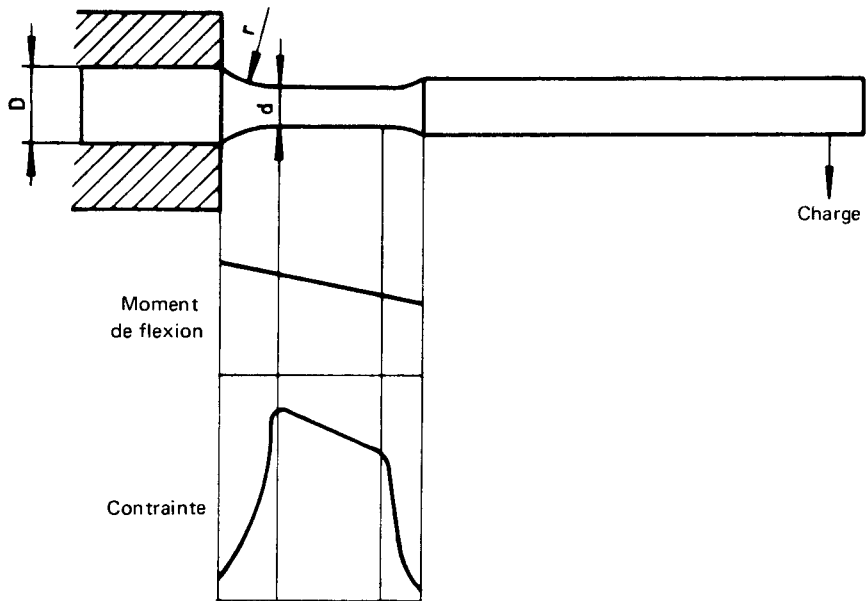


FIG. 1 - Epruvette cylindrique - charge appliquée en un point

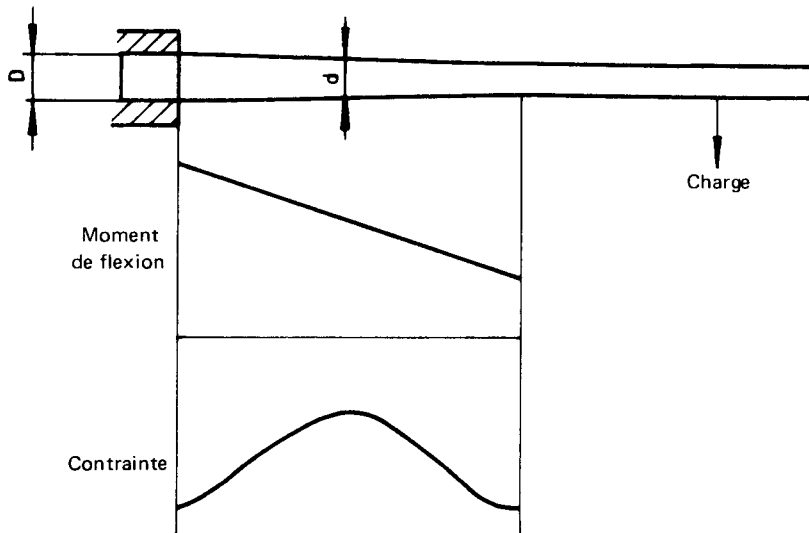


FIG. 2 - Epruvette tronconique - charge appliquée en un point



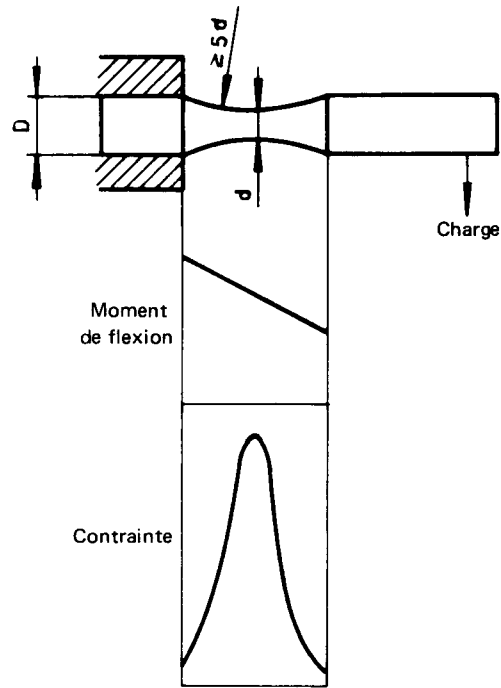


FIG. 3 - Eprouvette toroïdale - charge appliquée en un point

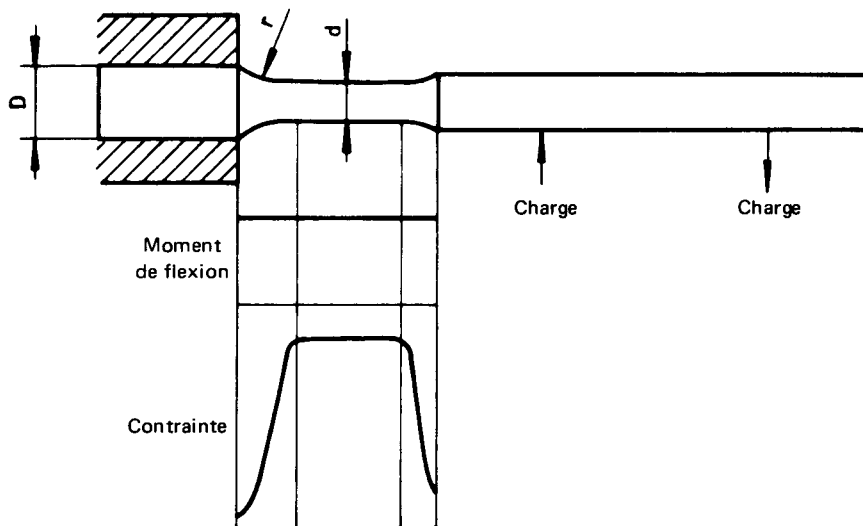


FIG. 4 - Eprouvette cylindrique - charge appliquée en deux points

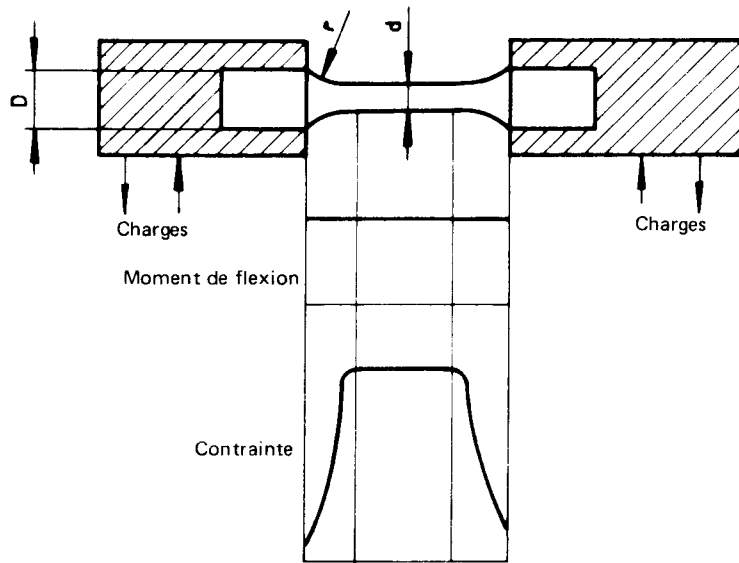


FIG. 5 - Epruvette cylindrique - charge appliquée en 4 points

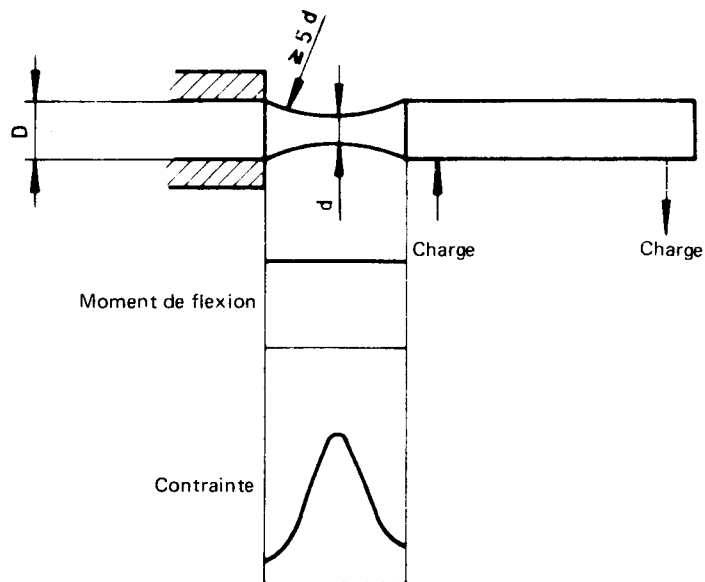


FIG. 6 - Epruvette toroïdale - charge appliquée en 2 points