
**Matériaux métalliques — Essai de
traction dans l'hélium liquide**

Metallic materials — Tensile testing in liquid helium

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 19819:2004

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/21991720-3895-454f-be49-44ac58b39dcb/iso-19819-2004>



PDF – Exonération de responsabilité

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 19819:2004](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/21991720-3895-454f-be49-44ac58b39dcb/iso-19819-2004)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/21991720-3895-454f-be49-44ac58b39dcb/iso-19819-2004>

© ISO 2004

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax. + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
Introduction	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Symboles et désignations	2
5 Principe	3
6 Appareillage	4
6.1 Machine d'essai	4
6.2 Cryostats et appareillage auxiliaire	5
6.3 Indicateurs de niveau du liquide	5
6.4 Extensomètre	6
7 Éprouvettes	6
7.1 Généralités	6
7.2 Éprouvette standard de barre ronde	7
7.3 Alternatives	7
7.4 Éprouvettes de dimensions réduites	7
7.5 Échantillonnage	7
8 Conditions d'essai	7
8.1 Mise en place de l'éprouvette	7
8.2 Mode opératoire de refroidissement	7
8.3 Vitesse d'essai	8
9 Mode opératoire	9
9.1 Détermination de l'aire de la section initiale (S_0)	9
9.2 Marquage de la longueur initiale entre repères (L_0)	9
9.3 Détermination de l'allongement pour cent après rupture (A)	9
9.4 Détermination de la limite conventionnelle d'élasticité à 0,2 %, d'extension non proportionnelle ($R_{p0,2}$)	9
9.5 Limite d'écoulement discontinu (R_i)	10
9.6 Résistance à la traction (R_m)	10
9.7 Coefficient de striction (Z)	10
10 Rapport d'essai	10
Annexe A (informative) Exemples d'éprouvettes pour essais de traction dans l'hélium liquide	11
Bibliographie	13

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 Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

L'ISO 19819 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 164, *Essais mécaniques des métaux*, sous-comité SC 1, *Essais uniaxiaux*.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
ISO 19819:2004
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/21991720-3895-454f-be49-44ac58b39dcb/iso-19819-2004>

Introduction

Les enregistrements force-temps et force-extension pour les alliages essayés dans l'hélium liquide, en utilisant un contrôle du déplacement sont en dents de scie. Les dentelures sont formées par une succession de phases d'écoulement plastique instable et d'arrêts de cet écoulement. L'écoulement plastique instable (écoulement discontinu) est un processus se déroulant librement, survenant dans des régions localisées de la longueur calibrée à des vitesses supérieures aux vitesses de déformation nominales avec un échauffement interne de l'éprouvette. Des exemples de courbes force unitaire-déformation pour un acier inoxydable austénitique typique avec écoulement discontinu sont présentés à la Figure 1.

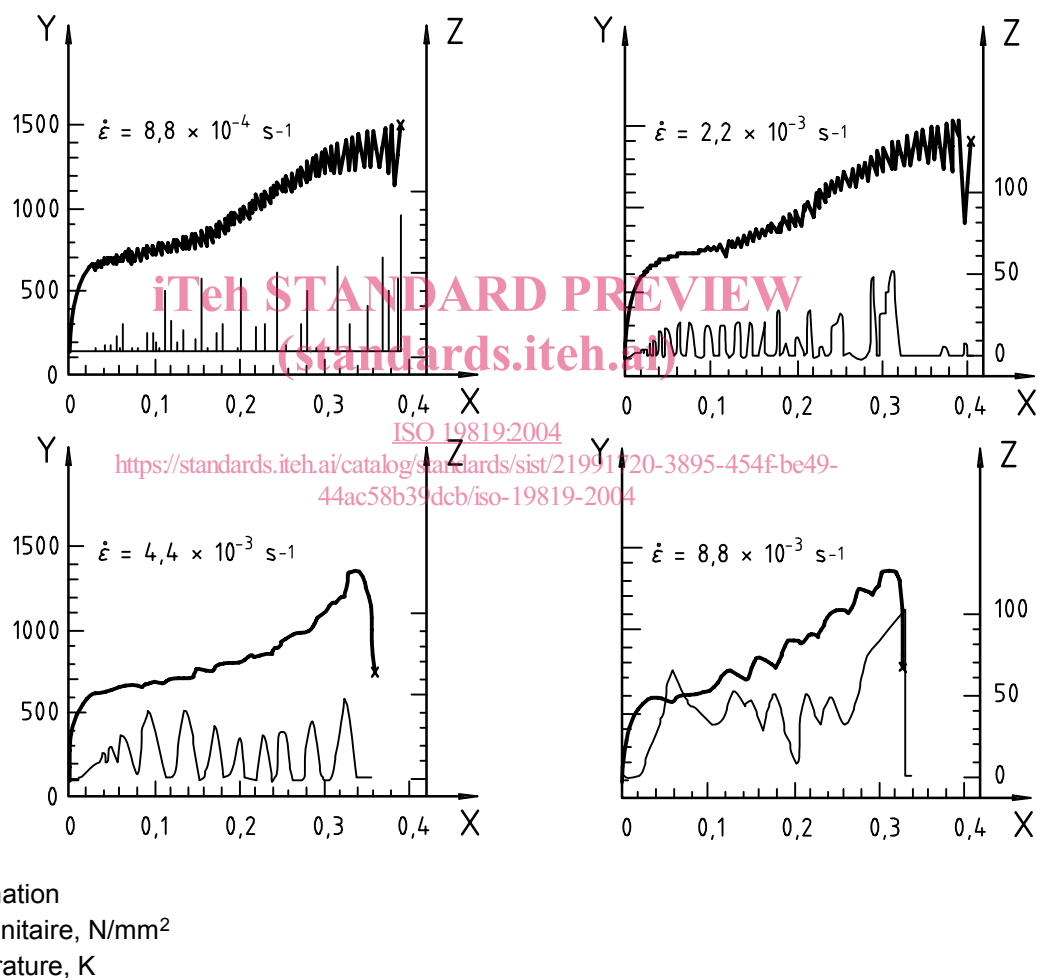


Figure 1 — Exemple de courbes typiques force unitaire-déformation et évolutions de la température de l'éprouvette pour quatre vitesses nominales de déformation différentes, pour l'acier inoxydable AISI 304L essayé dans l'hélium liquide

Une température constante de l'éprouvette ne peut être maintenue à tout moment pendant l'essai dans l'hélium liquide. Du fait de l'échauffement adiabatique, la température de l'éprouvette s'élève, localement dans la partie calibrée, de manière temporaire, au-dessus de 4 K à chaque apparition d'un écoulement discontinu (voir Figure 1). Le nombre de cas et l'importance des chutes de force associées sont fonction de la composition du matériau et d'autres facteurs tels que la taille de l'éprouvette et la vitesse d'essai. De manière

typique, la modification des variables d'essai mécanique peut changer le type de dentelure mais ne peut pas éliminer l'écoulement discontinu. Par conséquent, les mesures des caractéristiques de traction des alliages dans l'hélium liquide (en particulier la résistance à la traction, l'allongement et le coefficient de striction) peuvent perdre le caractère significatif habituel des mesures des caractéristiques à température ambiante où la déformation est plus proche de l'isotherme et où typiquement l'écoulement discontinu ne se produit pas.

La réponse force unitaire-déformation d'un matériau essayé dans l'hélium liquide dépend de l'utilisation d'un contrôle de la force ou d'un contrôle du déplacement. Le contrôle du déplacement est spécifié dans la présente Norme internationale car le but est la caractérisation du matériau par des méthodes conventionnelles. La possibilité d'une réponse du matériau, différente et moins favorable, doit être prise en compte lorsque des données sont utilisées pour la conception dans des applications réelles soumises à des conditions de force contrôlée.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 19819:2004](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/21991720-3895-454f-be49-44ac58b39dcb/iso-19819-2004)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/21991720-3895-454f-be49-44ac58b39dcb/iso-19819-2004>

Matériaux métalliques — Essai de traction dans l'hélium liquide

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie la méthode d'essai de traction des matériaux métalliques dans l'hélium liquide (le point d'ébullition est -269 °C ou $4,2\text{ K}$, désigné par 4 K) et définit les caractéristiques mécaniques qui peuvent être déterminées.

La présente Norme internationale s'applique également aux essais de traction aux températures cryogéniques (inférieures à -196 °C ou 77 K) qui nécessitent un appareillage spécial, des éprouvettes plus petites et la prise en considération d'un écoulement en dents de scie, d'un échauffement adiabatique et des effets de la vitesse de déformation.

Pour réaliser un essai de traction conformément à la présente Norme internationale à 4 K , l'éprouvette mise en place dans un cryostat est complètement immergée dans l'hélium liquide (He) et essayée en appliquant un contrôle du déplacement à une vitesse nominale de déformation de 10^{-3} s^{-1} ou inférieure. Les essais utilisant un contrôle de la force ou des vitesses de déformation plus élevées ne sont pas considérés.

iTeh STANDARD PREVIEW

2 Références normatives (standards.iteh.ai)

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 7500-1:—¹⁾, *Matériaux métalliques — Vérification des machines pour essais statiques uniaxiaux — Partie 1: Machines d'essai de traction/compression — Vérification et étalonnage du système de mesure de charge*

ISO 9513:1999 *Matériaux métalliques — Étalonnage des extensomètres utilisés lors d'essais uniaxiaux*

ISO 15579, *Matériaux métalliques — Essai de traction à basse température*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 15579 ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1

échauffement adiabatique

échauffement interne d'une éprouvette résultant d'une déformation dans des conditions telles que la chaleur générée par le travail plastique ne puisse pas être dissipée rapidement au milieu cryogénique environnant

3.2

déformation axiale

moyenne des déformations longitudinales mesurées en des endroits de la surface à l'opposé les uns des autres ou à égale distance, sur les faces de part et d'autre de l'axe longitudinal de symétrie de l'éprouvette

1) À publier. (Révision de l'ISO 7500-1:1999)

NOTE Les déformations longitudinales sont mesurées au moyen d'au moins deux capteurs de déformation placés au centre de la longueur calibrée.

3.3 déformation de flexion

différence entre la déformation à la surface de l'éprouvette et la déformation axiale

NOTE La déformation de flexion varie sur la circonférence et le long de la longueur calibrée de l'éprouvette.

3.4 vase de Dewar

réservoir isolé sous vide pour les fluides cryogéniques

3.5 limite d'écoulement discontinu

R_i
force unitaire maximale à l'apparition de la première dentelure mesurable sur les courbes force unitaire-déformation

3.6 cryostat pour traction

appareillage d'essai pour appliquer des forces de traction aux éprouvettes dans des environnements cryogéniques

Voir Figure 2.

iTeh STANDARD PREVIEW

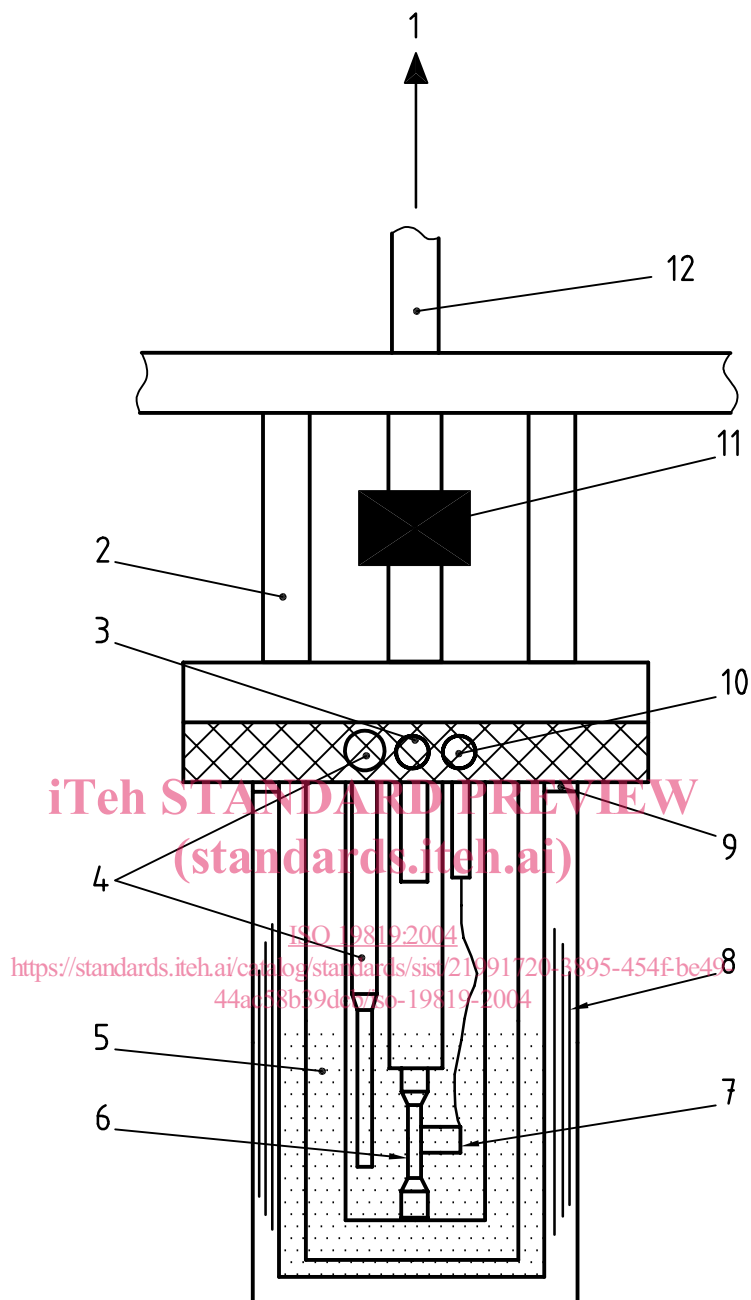
4 Symboles et désignations (standards.iteh.ai)

Les symboles et les désignations correspondantes sont donnés dans le Tableau 1.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/21991720-3895-454f-be49-44a558190114/iso-19819-2004>

Tableau 1 — Symboles et désignations

Symbole	Unité	Désignation
A	%	Allongement pour cent après rupture $A = \frac{L_u - L_o}{L_o} \times 100$
d	mm	Diamètre de la longueur calibrée d'une éprouvette cylindrique ou diamètre d'un fil rond
F_m	N	Force maximale
L_c	mm	Longueur calibrée
L_e	mm	Longueur de base de l'extensomètre
L_o	mm	Longueur initiale entre repères
L_u	mm	Longueur ultime entre repères après rupture
R_i	N/mm ²	Limite d'écoulement discontinu
R_m	N/mm ²	Résistance à la traction
$R_{p0,2}$	N/mm ²	Limite conventionnelle d'élasticité à 0,2 % d'extension non proportionnelle
S_o	mm ²	Aire de la section initiale de la longueur calibrée
S_u	mm ²	Aire minimale de la section après rupture (aire ultime de la section)
Z	%	Coefficient de striction $Z = \frac{S_o - S_u}{S_o} \times 100$



Légende

- | | | | |
|---|---|----|---------------------------------|
| 1 | force | 7 | extensomètre |
| 2 | bâti de chargement à température ambiante | 8 | vase de Dewar isolé sous vide |
| 3 | évent | 9 | étanchéité du vase de Dewar |
| 4 | tube de transfert isolé sous vide | 10 | prise d'alimentation électrique |
| 5 | bâti de chargement cryogénique | 11 | peson |
| 6 | éprouvette | 12 | tige de traction |

Figure 2 — Illustration schématique d'un cryostat typique pour essais à 4 K

5 Principe

L'essai consiste à déformer une éprouvette dans l'hélium liquide par l'action d'une force de traction, généralement jusqu'à la rupture, en vue de déterminer une ou plusieurs des caractéristiques mécaniques définies dans l'Article 3.

6 Appareillage

6.1 Machine d'essai

6.1.1 Généralités

La machine d'essai doit être vérifiée et étalonnée conformément à l'ISO 7500-1:— et doit être au moins de classe 1, sauf spécification contraire dans la norme de produit.

6.1.2 Complaisance de la machine d'essai

Il convient de connaître la complaisance (déplacement par unité de force appliquée de l'appareillage lui-même) du dispositif d'essai (machine de traction et bâti de chargement du cryostat). Mesurer la complaisance en couplant le système de chargement à une éprouvette rigide ou en utilisant une éprouvette spéciale d'étalonnage. Mesurer alors la complaisance pour une force faible et pour la force la plus élevée utilisée pour qualifier la machine tel qu'indiqué en 6.1.5.

NOTE Des complaisances différentes peuvent modifier l'allongement et la résistance à la traction des matériaux parce qu'une plus grande déformation discontinue survient avec un dispositif d'essai de complaisance plus faible.

6.1.3 Conception du système

De manière typique, les alliages présentent dans l'hélium liquide des résistances doubles ou triples de celles à température ambiante. Pour la même géométrie d'éprouvette, des forces plus élevées doivent être appliquées au cryostat, à l'éprouvette, aux éléments du système de chargement et aux ancrages aux températures cryogéniques. Étant donné que de nombreuses machines d'essai conventionnelles présentent une force maximale inférieure ou égale à 100 kN, il est recommandé que l'appareillage soit conçu pour s'adapter à l'une des petites éprouvettes décrites en 7.2.

6.1.4 Matériaux constitutifs

De nombreux matériaux de construction, y compris une vaste majorité des aciers ferritiques, sont fragiles à 4 K. Pour prévenir des ruptures en service, fabriquer les ancrages et les autres éléments du système de chargement avec des alliages cryogéniques résistants et tenaces. Les matériaux qui présentent une faible conductivité thermique sont préférables pour réduire le flux de chaleur. Des aciers inoxydables austénitiques (AISI 304LN), des aciers maraging (nuances 200, 250 ou 300 avec un plaquage de nickel pour éviter un enrouillement), des superalliages corroyés à base de nickel et des alliages de titane (Ti-6Al-4V et Ti5Al-2,5Sn) ont été utilisés avec une conception appropriée pour des ancrages, des tiges de traction et des bâtis de cryostat. Des matériaux non métalliques (par exemple des composites verre-époxy) sont d'excellents isolants et sont quelquefois utilisés pour des éléments en compression.

6.1.5 Alignement

Un système d'alignement approprié est essentiel pour minimiser les déformations dues à la flexion lors des essais de traction. Il convient que la machine et les ancrages soient capables d'appliquer une force à une éprouvette d'étalonnage usinée avec précision de façon que la déformation maximale de flexion ne dépasse pas 10 % de la déformation axiale. Réduire la déformation de flexion à un niveau acceptable en procédant à des réglages proportionnels sur le cryostat avec capacité d'alignement ou en utilisant des cales d'espacement pour compenser un dispositif non réglable. Calculer la déformation sur la base des lectures prises lorsque l'éprouvette d'étalonnage est soumise à une faible force, ainsi que pour la force la plus élevée pour laquelle la machine et le système de chargement sont en cours de qualification.

Qualifier l'appareillage en procédant à des mesures d'axialité à la température ambiante et à 4 K. Pour réaliser des essais d'axialité de l'appareillage, il convient que la forme de l'éprouvette et le cryostat soient les mêmes que ceux utilisés pendant les essais cryogéniques et que la concentricité de l'éprouvette soit aussi parfaite que possible. Il convient qu'aucune déformation plastique ne survienne dans la longueur calibrée de l'éprouvette d'alignement pendant le chargement. Dans certains cas, il peut être nécessaire d'utiliser une éprouvette d'étalonnage à haute résistance, relativement rigide.

Pour les éprouvettes de section circulaire, calculer la déformation maximale de flexion définie en 3.3 pour les déformations mesurées avec trois jauges de déformation à résistance électrique, des extensomètres ou des comparateurs munis d'attaches, en des positions également espacées sur la circonférence et au centre de la longueur calibrée de l'éprouvette.

Pour les éprouvettes de section carrée ou rectangulaire, mesurer la déformation au centre de deux faces parallèles (opposées) ou, dans le cas de faibles sections, au centre des deux faces larges.

Pour les ancrages conventionnels, filetés ou à goupille, évaluer l'effet du biais de l'éprouvette comme suit. Répéter les mesurages d'axialité, après une rotation de 180° de l'éprouvette, mais avec les ancrages et les tiges de traction maintenus dans leur position initiale. Calculer alors la déformation maximale de flexion et la déformation dans l'axe de l'éprouvette. Si d'autres ancrages ou d'autres méthodes sont utilisés pour évaluer l'effet du biais de l'éprouvette, il convient de les décrire dans le rapport.

Technique de prise en compte de la moyenne des déformations — La non-axialité du chargement (qui peut être introduite par l'usinage des éprouvettes) est généralement suffisante pour introduire des erreurs dans les essais de traction pour de faibles déformations lorsque la déformation est mesurée seulement en un emplacement de l'éprouvette. Par suite, mesurer les déformations en trois emplacements également espacés (ou, si un bon alignement a été réalisé, au moins deux opposés) à l'intérieur de la longueur calibrée. Consigner la moyenne des déformations correspondant aux deux ou trois emplacements, centrés sur la longueur calibrée.

6.1.6 Types d'ancrage

Choisir le type d'ancrage selon le type d'éprouvette. Des matériaux cryogéniques doivent être utilisés pour la construction des éléments pour éviter la rupture en service.

6.2 Cryostats et appareillage auxiliaire

6.2.1 Cryostats

Un cryostat capable de conserver l'hélium liquide est exigé. En général, les bâtis de chargement des cryostats pour les machines d'essai existantes doivent être faits sur mesure, mais ils peuvent s'adapter à des vases de Dewar disponibles sur le marché. Le cryostat peut être muni de colonnes de chargement réglables pour faciliter l'alignement.

6.2.2 Vases de Dewar

Des vases de Dewar en acier inoxydable sont plus sûrs (c'est-à-dire, plus résistants à la rupture) que le verre. En général, un vase de Dewar simple pour l'hélium (voir Figure 2) est suffisant pour les essais de traction de courte durée. Il est également possible d'utiliser un montage avec deux vases de Dewar dans lequel un vase de Dewar servant d'enveloppe extérieure, rempli d'azote liquide, entoure le vase de Dewar d'hélium liquide.

6.2.3 Équipement auxiliaire

Les vases de Dewar et les conduites de transfert pour l'hélium liquide doivent être isolées sous vide. Des pompes à vide, des gaz sous pression et des installations d'azote liquide sont donc requis.

6.3 Indicateurs de niveau du liquide

Le maintien dans un environnement d'hélium liquide assure le respect des conditions d'essais prévues. Dans le cas d'une éprouvette complètement immergée, un thermocouple pour mesurer sa température n'est pas