

---

---

**Plastiques renforcés de fibres —  
Détermination des propriétés de fatigue  
en conditions de chargement cycliques**

*Fibre-reinforced plastics — Determination of fatigue properties under  
cyclic loading conditions*

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO 13003:2003](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/afa574f4-be23-4286-b965-f3bdfde8f63/iso-13003-2003)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/afa574f4-be23-4286-b965-  
f3bdfde8f63/iso-13003-2003](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/afa574f4-be23-4286-b965-f3bdfde8f63/iso-13003-2003)



**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 13003:2003](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/afa574f4-be23-4286-b965-f3bdfe8f63/iso-13003-2003)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/afa574f4-be23-4286-b965-f3bdfe8f63/iso-13003-2003>

© ISO 2003

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](mailto:copyright@iso.org)  
Web [www.iso.org](http://www.iso.org)

Version française parue en 2005

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

<b>Avant-propos</b> .....	<b>iv</b>
<b>1</b> <b>Domaine d'application</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b> <b>Références normatives</b> .....	<b>1</b>
<b>3</b> <b>Termes et définitions</b> .....	<b>1</b>
<b>4</b> <b>Principe</b> .....	<b>6</b>
<b>5</b> <b>Appareillage</b> .....	<b>7</b>
<b>6</b> <b>Préparation et contrôle des éprouvettes</b> .....	<b>7</b>
<b>7</b> <b>Nombre d'éprouvettes</b> .....	<b>7</b>
<b>8</b> <b>Conditionnement et environnements d'essai</b> .....	<b>8</b>
<b>9</b> <b>Mode opératoire</b> .....	<b>8</b>
<b>10</b> <b>Présentation des résultats</b> .....	<b>9</b>
<b>11</b> <b>Fidélité</b> .....	<b>11</b>
<b>12</b> <b>Rapport d'essai</b> .....	<b>11</b>
<b>Annexe A</b> (informative) <b>Recommandations complémentaires pour les modes opératoires d'essai en flexion</b> .....	<b>13</b>
<b>Annexe B</b> (informative) <b>Recommandations complémentaires pour les modes opératoires d'essai en traction</b> .....	<b>15</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>17</b>

## 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 13003 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 61, *Plastiques*, sous-comité SC 13, *Composites et fibres de renforcement*.

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**  
ISO 13003:2003  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/afa574f4-be23-4286-b965-f3bdfde8f63/iso-13003-2003>

# Plastiques renforcés de fibres — Détermination des propriétés de fatigue en conditions de chargement cycliques

## 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale définit les principes généraux applicables aux essais de fatigue sur matériaux composites à matrices plastiques renforcées par des fibres sous sollicitations cycliques à amplitude et fréquence constantes. Bien que ces modes opératoires généraux soient applicables à tous les modes d'essai et de contrôle des machines d'essai, leur application fera l'objet d'une attention particulière dans chaque cas. Une expérience antérieure principalement en matière d'essais de fatigue en traction et flexion est fondée sur les méthodes d'essai statique (monotone) équivalentes. Les essais de fatigue sur les systèmes de fibres de carbone renforcées unidirectionnelles suivant la direction des fibres sont particulièrement difficiles à réaliser.

Dans certains cas, tels que la résistance à la propagation de fissure, des essais spécifiques peuvent exister qu'il convient d'utiliser de préférence à ceux de la présente Norme internationale.

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 291, *Plastiques — Atmosphères normales de conditionnement et d'essai*

ISO 527-4, *Plastiques — Détermination des propriétés en traction — Partie 4: Conditions d'essai pour les composites plastiques renforcés de fibres isotropes et orthotropes*

ISO 527-5, *Plastiques — Détermination des propriétés en traction — Partie 5: Conditions d'essai pour les composites plastiques renforcés de fibres unidirectionnelles*

ISO 1268 (toutes les parties), *Plastiques renforcés de fibres — Méthodes de fabrication de plaques d'essai*

ISO 14125, *Composites plastiques renforcés de fibres — Détermination des propriétés de flexion*

## 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

### 3.1

#### contrainte (induite dans l'éprouvette)

$\sigma$

contrainte nominale calculée à partir de la charge mesurée à partir de l'équation correspondante indiquée dans la méthode d'essai monotone (statique) utilisée

NOTE Elle est exprimée en MPa.

**3.2 déformation (imposée à l'éprouvette)**

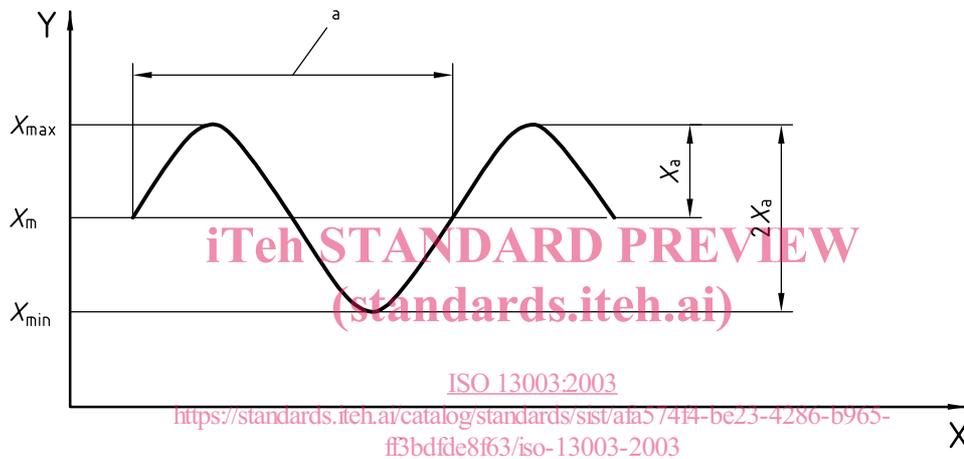
$\varepsilon$   
allongement sous forme de fraction des couches les plus sollicitées de l'éprouvette (par exemple la surface extérieure d'une éprouvette en flexion)

NOTE Elle est calculée à partir de l'équation correspondante indiquée dans la méthode d'essai utilisée et exprimée sous forme d'un rapport sans dimension.

**3.3 forme d'onde**

forme de la variation cyclique de la contrainte (charge) ou déformation (déplacement) appliquée entre des valeurs maximales et minimales constantes

NOTE La forme d'onde par défaut est sinusoïdale. La Figure 1 donne un exemple d'onde sinusoïdale à amplitude et fréquence constantes. D'autres formes d'ondes, en carré, en triangle ou en dents de scie sont également utilisées.



**Légende**

- X temps
- Y contrainte ou déformation appliquée  $X$
- $X_{max}$  valeur maximale (ou pic) de  $X$
- $X_m$  valeur moyenne de  $X$  [ $X_m = (X_{max} + X_{min})/2$ ]
- $X_{min}$  valeur minimale (ou creux) de  $X$
- $X_a$  amplitude de  $X$
- $2X_a$  étendue de la variation de  $X$  (amplitude pic-à-pic)
- a 1 cycle.

**Figure 1 — Exemple d'un cycle à forme d'onde sinusoïdale**

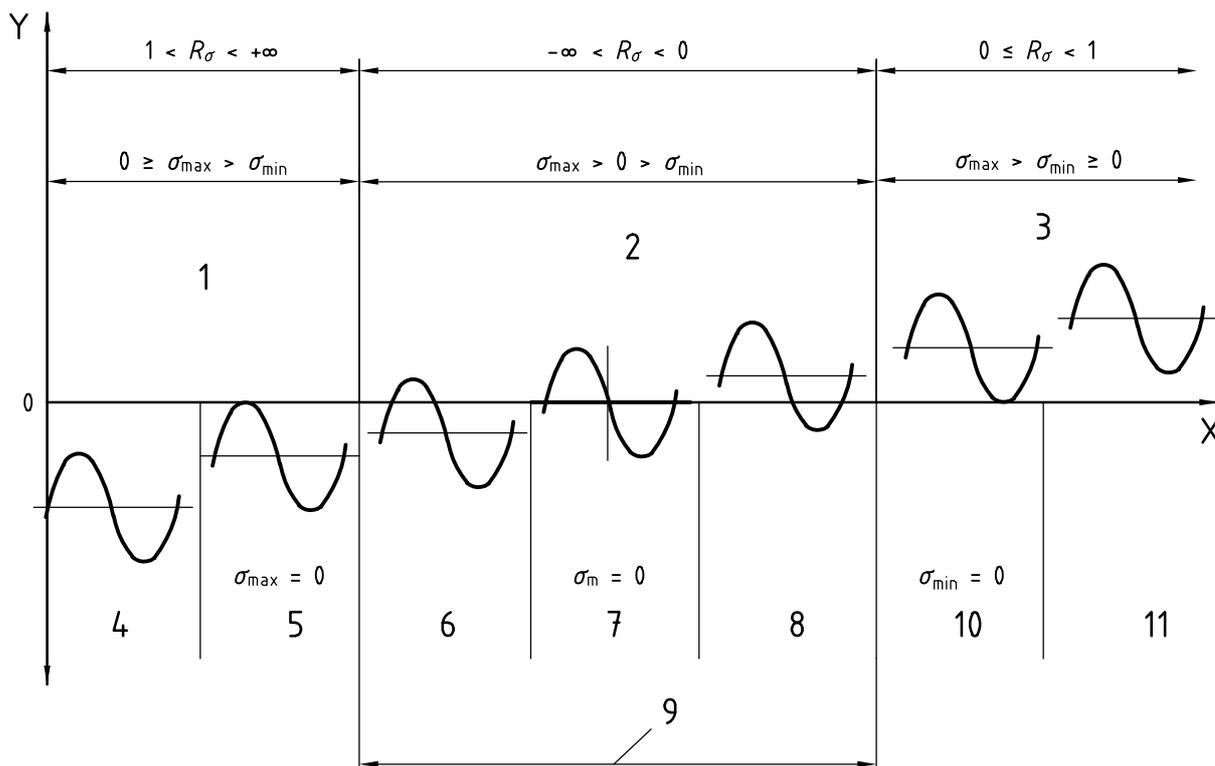
**3.4 cycle**

forme d'onde complète simple entre un point quelconque de la forme d'onde (par exemple moyenne ou pic) et l'occurrence suivante du même point

**3.4.1 type de cycle**

le type de cycle est défini par la position du signal par rapport à la contrainte (charge) ou la déformation (déplacement) zéro

NOTE La Figure 2 présente un exemple de cycle de contrainte. Pour les cycles de déformation ou de déplacement, la déformation et le déplacement remplacent le terme de contrainte.



iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

#### Légende

X temps,  $t$

Y contrainte,  $\sigma$  (ou déformation appliquée,  $\varepsilon$ )

- 1 zone de compression-compression [ISO 13003:2003](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/afa574f4-be23-4286-b965-f3bdfde8f63/iso-13003-2003)  
 2 zone de traction-compression  
 3 zone de traction-traction  
 4 cycle de compression-compression  
 5 cycle alterné zéro-compression  
 6 cycle alterné dominante-compression  
 7 cycle purement inversé ou alterné  
 8 cycle alterné dominante-traction  
 9 cycles alternés  
 10 cycle de zéro-traction  
 11 cycle de traction-traction

Figure 2 — Exemple de cycles types

### 3.5 fréquence

$f$

nombre de cycles ou de cycles partiels, effectués en 1 s et exprimés en hertz

**3.6**  
valeurs de contrainte, de déformation ou de déplacement

**3.6.1**  
contrainte maximale

$\sigma_{\max}$   
déformation maximale

$\varepsilon_{\max}$   
déplacement maximal

$d_{\max}$   
plus grande valeur algébrique atteinte périodiquement par la contrainte, exprimée en mégapascals, ou par la déformation, exprimée en pourcentage, ou par le déplacement, exprimée en millimètres

**3.6.2**  
contrainte minimale

$\sigma_{\min}$   
déformation minimale

$\varepsilon_{\min}$   
déplacement minimal

$d_{\min}$   
plus petite valeur algébrique atteinte périodiquement par la contrainte, exprimée en mégapascals, ou par la déformation, exprimée en pourcentage, ou par le déplacement, exprimé en millimètres

**3.6.3**  
contrainte moyenne

$\sigma_m$   
déformation moyenne

$\varepsilon_m$   
déplacement moyen

$d_m$   
moyenne algébrique des contraintes, déformations et déplacements maximaux et minimaux

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

ISO 13003:2003  
http://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/13003-022/13003-022  
ff3bdfde8f63/iso-13003-2003

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2} \quad (1)$$

$$\varepsilon_m = \frac{\varepsilon_{\max} + \varepsilon_{\min}}{2} \quad (2)$$

$$d_m = \frac{d_{\max} + d_{\min}}{2} \quad (3)$$

**3.6.4**  
amplitude de contrainte

$\sigma_a$   
amplitude de déformation

$\varepsilon_a$   
amplitude de déplacement

$d_a$   
valeur égale à la moitié de la différence algébrique entre les contraintes, déformations ou déplacements maximaux et minimaux

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2} \quad (4)$$

$$\varepsilon_a = \frac{\varepsilon_{\max} - \varepsilon_{\min}}{2} \quad (5)$$

$$d_a = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{2} \quad (6)$$

NOTE Dans certains cas, l'étendue de l'écart de contrainte, déformation ou déplacement pic-à-pic est indiquée (c'est-à-dire deux fois l'amplitude de contrainte, déformation ou déplacement).

### 3.6.5

#### rapport de contrainte

 $R_\sigma$ 

#### rapport de déformation

 $R_\varepsilon$ 

#### rapport de déplacement

 $R_d$ 

rapport algébrique de la contrainte, de la déformation ou du déplacement minimal à la contrainte, la déformation ou le déplacement maximal dans un cycle

$$R_\sigma = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}} \quad (7)$$

$$R_\varepsilon = \frac{\varepsilon_{\min}}{\varepsilon_{\max}} \quad (8)$$

$$R_d = \frac{d_{\min}}{d_{\max}} \quad (9)$$

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

### 3.7

#### charge

 $F$ 

la charge, mesurée par un capteur de force, sur l'éprouvette

ISO 13003:2003  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/afa574f4-be23-4286-b965-f3bd71e8863/iso-13003-2003>

NOTE Les valeurs maximales et minimales définies à chaque cycle sont  $F_{\max}$  et  $F_{\min}$  exprimées en newtons.

#### 3.7.1

##### charge initiale

 $F_i$ 

valeur absolue de l'amplitude maximale de la charge, mesurée avant la fin des 100 premiers cycles lorsque des conditions stables sont obtenues

NOTE Sa valeur peut être obtenue soit par mesure individuelle, soit par échantillonnage sur plusieurs cycles. Elle est exprimée en newtons.

#### 3.7.2

##### rapport de charge

 $R_F$ 

rapport de la charge minimale à la charge maximale dans un cycle

$$R_F = \frac{F_{\min}}{F_{\max}}$$

### 3.8

#### contrainte initiale

 $\sigma_i$ 

contrainte calculée à partir de la charge initiale (3.7.1)

NOTE Elle est exprimée en mégapascals.

### 3.9

#### résistance à la fatigue

$N_i$

nombre de cycles appliqués à une éprouvette jusqu'à la rupture ou la fin de l'essai

NOTE 1 Pour les essais à déplacement imposé, lorsque la rupture n'intervient pas soit par séparation de l'éprouvette en deux parties ou davantage, soit par un endommagement général excessif (c'est-à-dire que la charge ne peut plus être supportée par l'éprouvette), la fin de l'essai est définie par un niveau de défaillance (appelé aussi taux d'endommagement) correspondant à une perte de rigidité de l'éprouvette (par exemple 5 % à 20 %). Ce niveau d'endommagement doit normalement être fixé à 20 % de perte en valeur absolue.

NOTE 2 Quand l'essai est terminé avant qu'une défaillance ne se produise ou que le critère limite de rigidité soit atteint (c'est-à-dire que la durée de l'essai pour obtenir la défaillance est considérée excessive), la résistance à la fatigue n'est pas définie, mais est seulement supérieure à la durée de l'essai. Ces essais sont appelés des «runs-outs» ou «chutes» et la donnée est souvent indiquée sur le diagramme de la contrainte ou de la déformation en fonction du nombre de cycles en ajoutant un déplacement dirigé vers une durée d'essai supérieure (par exemple  $x \rightarrow$ ,  $o \rightarrow$ ).

### 3.10

#### propriétés ultimes

##### 3.10.1

#### résistance en traction/flexion ultime au taux de chargement statique (normal)

UTS<sup>S</sup>

UFS<sup>S</sup>

paramètre donné par la méthode d'essai utilisée, par exemple

— UTS<sup>S</sup> pour la résistance en traction selon ISO 527-4 ou ISO 527-5;

— UFS<sup>S</sup> pour la résistance en flexion selon ISO 14125.

##### 3.10.2

#### résistance en traction/flexion ultime au taux de chargement de fatigue

UTS<sup>F</sup>

UFS<sup>F</sup>

paramètre donné par les essais au taux de chargement de fatigue, par exemple UTS<sup>F</sup> pour la résistance en traction et UFS<sup>F</sup> pour la résistance en flexion

NOTE 1 Le taux de chargement de fatigue est défini comme étant celui dont résulte une rupture en un temps équivalent à  $0,5 \times$  le temps de cycle, c'est-à-dire

$$\text{Durée de l'essai (s)} = 0,5 \times \text{fréquence (Hz)}$$

NOTE 2 Il peut être fixé à la même fréquence que celle des essais de fatigue utilisant une forme d'onde triangulaire avec une amplitude suffisante pour causer la rupture. N. B. Pour un matériau sensible au taux, tel que les plastiques renforcés de fibres de verre continues, celui-ci peut être significativement plus élevé (> 40 %) que la résistance statique.

## 4 Principe

Une charge mécanique alternée ou un déplacement est appliqué à fréquence constante à l'éprouvette de façon continue. L'essai peut être réalisé à une amplitude de contrainte (charge), de déformation ou de déplacement constant.

La méthode d'essai, les dimensions des éprouvettes et les calculs employés sont les mêmes que ceux utilisés dans le mode d'essai équivalent sous des conditions de sollicitations statiques (monotones).

NOTE 1 Par exemple, l'ISO 527-4 ou l'ISO 527-5 sont employées pour les essais de fatigue en traction (N.B. ces éprouvettes ne conviennent pas pour un chargement purement alterné sans support contre le flambage en compression; voir ISO 14126, *Composites plastiques renforcés de fibres — Détermination des caractéristiques en compression dans le plan*). L'ISO 14125 est employée pour les essais de fatigue en flexion.

NOTE 2 Il n'y a pas de différences majeures dans le fonctionnement de la machine d'essai de fatigue pour les différents modes de contrôle (par exemple charge ou déplacement) alors qu'il en existe dans la définition de la fin de l'essai (voir 3.9).

Des recommandations pour des modes d'essai particuliers sont données dans l'Annexe A (essais de flexion) et dans l'Annexe B (essais de traction).

## 5 Appareillage

**5.1 Machine d'essai**, convenant au mode d'essai choisi (par exemple traction, flexion) doit être utilisée. L'équipement doit convenir à l'application du nombre de cycles requis pour plusieurs essais (par exemple  $\geq 10^8$  cycles) et avec la forme d'onde requise (par exemple sinusoïdale, carrée, triangulaire, en dents de scie). Le nombre de cycles appliqués doit être mesuré directement ou obtenu à partir de la connaissance de la fréquence appliquée et de la durée de l'essai.

**5.2 Capteurs et électronique associée**, permettant de mesurer en continu la variation de la charge, du déplacement ou d'autres paramètres comme la déformation, à  $\pm 2\%$  de la pleine échelle, en fonction du mode de contrôle utilisé.

NOTE Le choix du capteur de force et de sa pleine échelle est lié à la sensibilité de mesure souhaitée et aux caractéristiques de l'élément mobile du capteur (c'est-à-dire que ses dimensions et sa masse affecteront la réponse en fréquence et la magnitude des effets d'inertie).

Il est recommandé d'utiliser des capteurs adaptés à un chargement de fatigue.

iTeh STANDARD PREVIEW

## 6 Préparation et contrôle (des éprouvettes [iteh.ai](https://standards.iteh.ai))

### 6.1 Préparation des éprouvettes [ISO 13003:2003](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/afa574f4-be23-4286-b965-111811111111)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/afa574f4-be23-4286-b965-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/afa574f4-be23-4286-b965-111811111111)

Les éprouvettes, telles que spécifiées par la méthode d'essai de la norme utilisée, doivent être découpées dans des plaques d'essai préparées conformément à la partie correspondante de l'ISO 1268 ou dans des zones plates du produit soumis à essai.

Les propriétés mécaniques des composants ou sous-composants sont directement liées à la structure du matériau et donc directement tributaires des conditions de mise en œuvre. Il est recommandé que les essais soient effectués sur des éprouvettes réalisées dans des conditions proches de leur fabrication réelle, lorsqu'elles ne sont pas prélevées à partir des composants ou des sous-composants.

### 6.2 Forme et dimensions

Celles-ci doivent être telles que données dans la norme correspondant à la méthode d'essai retenue.

### 6.3 Contrôle

Les éprouvettes doivent être contrôlées conformément à la méthode d'essai de la norme utilisée. Une attention particulière doit être portée de façon à s'assurer de la bonne qualité des éprouvettes, dépourvues de tout défaut d'usinage, susceptible d'initier une défaillance prématurée.

## 7 Nombre d'éprouvettes

Pour la détermination du diagramme de résistance à la fatigue, un nombre minimal de cinq éprouvettes doit être soumis à essai à quatre niveaux de contrainte/déformation, etc. imposés, sauf spécification contraire (voir Note 1).