

---

---

**Tubes en matières plastiques pour  
le transport des fluides sous pression —  
Règle de Miner — Méthode de calcul du  
cumul des dommages**

*Plastics pipes for the conveyance of fluids under pressure — Miner's  
rule — Calculation method for cumulative damage*

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

ISO 13760:1998

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8ea92bbd-f73c-4e00-96f0-59a9f966eb88/iso-13760-1998>



## 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 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.

La Norme internationale ISO 13760 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 138, *Tubes, raccords et robinetterie en matières plastiques pour le transport des fluides*, sous-comité SC 5, *Propriétés générales des tubes, raccords et robinetteries en matières plastiques et leurs accessoires — Méthodes d'essais et spécifications de base*.

Les annexes A, B et C de la présente Norme internationale sont données uniquement à titre d'information.

ISO 13760:1998

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8ea92bbd-f73c-4e00-96f0-59a9f966eb88/iso-13760-1998>

© ISO 1998

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'éditeur.

Organisation internationale de normalisation  
Case postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Suisse  
Internet iso@iso.ch

Imprimé en Suisse

# Tubes en matières plastiques pour le transport des fluides sous pression — Règle de Miner — Méthode de calcul du cumul des dommages

## 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale prescrit une méthode de calcul de la contrainte maximale admissible applicable à des tubes soumis à des variations de pression et/ou de température au cours de leur durée de vie escomptée. Cette méthode est généralement connue sous l'appellation: «règle de Miner».

Il est nécessaire d'appliquer la règle de Miner séparément à chaque mécanisme de rupture, autrement dit, dans le cas d'une rupture mécanique due à la pression interne. Les autres mécanismes de rupture, résultant d'une dégradation par oxydation ou déshydrochloruration, sont à négliger (si l'on suppose, bien sûr, l'absence de toute interaction). Une matière ne peut être utilisée que s'il est prouvé qu'elle est conforme à tous les critères des mécanismes de rupture.

NOTE — La règle de Miner est une méthode empirique qui constitue seulement une première approximation de la réalité.

## 2 Référence normative

La norme suivante contient des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de la publication, l'édition indiquée était en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes des accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer l'édition la plus récente de la norme indiquée ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur à un moment donné.

ISO 10508:1995, *Tubes et raccords en matières thermoplastiques destinés aux systèmes d'eaux chaude et froide.*

## 3 Symboles et termes abrégés

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les abréviations et symboles suivants s'appliquent.

$a_i$  = fraction d'une année, exprimée en pourcentage, rapportée aux conditions « $i$ »;

$t_i$  = durée de vie dans des conditions spécifiées « $i$ » ( $i = 1, 2, 3$ , etc.), exprimée en années;

$t_a$  = durée de vie à une température accidentelle,  $T_a$ , telle que définie dans l'ISO 10508 ;

$t_{\max}$  = durée de vie à une température maximale de service,  $T_{\max}$ , telle que définie dans l'ISO 10508;

- $t_s$  = durée de vie à la température de service,  $T_s$ , telle que définie dans l'ISO 10508;
- $t_x$  = durée maximale admissible d'utilisation dans des conditions variables, exprimée en années;
- TYD = total des dommages par an, exprimé en pourcentage.

## 4 Principe

La règle de Miner est fondée sur les hypothèses suivantes:

a) La totalité des dommages, qu'un type donné d'attaque peut faire subir à une matière ou à un produit, est constante (100 %).

b) Dans des conditions constantes, le dommage subi est proportionnel à la durée de l'attaque. La matière ou le produit résiste jusqu'à ce que le niveau de 100 % soit atteint. Le temps nécessaire pour y parvenir est appelé  $t_i$ , exprimé en années dans ce contexte. Chaque année, la quantité de dommages est  $\frac{100}{t_i}$  %.

C'est la **règle de la proportionnalité**.

NOTE — La quantité des dommages n'est pas nécessairement visible ou mesurable; il peut aussi s'agir, par exemple, d'une période d'induction.

c) Si une matière n'est exposée à une attaque qu'une partie de l'année (à savoir,  $a_i$  % de l'année, au lieu de 100 % de l'année), le dommage annuel n'est pas de  $\frac{100}{t_i}$  % mais de  $\frac{a_i}{t_i}$  % étant donné la règle de la proportionnalité.

d) Dans le cas de dommages du même type, mais dans diverses conditions (sévérité différente, température, pression, contrainte, etc.) réalisées l'une après l'autre, la quantité annuelle de dommages est la combinaison des effets des différentes conditions. La **règle d'additivité** montre que ces quantités de dommages peuvent s'ajouter. Le résultat est le **dommage cumulé** dans les diverses conditions.

## 5 Mode opératoire

Calculer le total des dommages par an (TYD), à l'aide de l'équation suivante:

$$\text{TYD} = \sum \frac{a_i}{t_i} \quad (1)$$

exprimé en pourcentage du total des dommages admissibles.

Calculer la durée maximale admissible d'utilisation,  $t_x$ , en années, à l'aide de l'équation suivante:

$$t_x = \frac{100}{\text{TYD}} \quad (2)$$

NOTE — Voir l'annexe A pour les exemples de calcul, et l'annexe B dans le cas de l'estimation de la stabilité à l'oxydation.

## Annexe A (informative)

### Exemples d'application de la règle de Miner

#### A.1 Exemple relatif à des conditions variables

Le calcul de la durée de service espérée des tubes d'eau chaude de la classe 2 de l'ISO 10508 est un exemple qui illustre cette règle.

La présente Norme internationale spécifie que, pendant une durée de service de 50 ans, la courbe de la température comporte 49 ans à la température de service normalisée,  $T_s$ , de 70 °C, 1 an à la température maximale de service,  $T_{max}$ , de 80 °C, et 100 h à la température accidentelle  $T_a$  de 95 °C, afin de tenir compte de la défaillance du contrôle des températures.

Pour calculer l'épaisseur de paroi (ou plutôt le rapport SDR, c'est-à-dire le rapport diamètre/épaisseur de paroi), il est nécessaire de connaître la contrainte maximale admissible dans la paroi que le tube peut supporter dans des conditions données. Cependant, les spécifications relatives à la classe proposée indiquent que, dans le cas du polybutylène, par exemple, un facteur de sécurité de 1,5 est à appliquer à la contrainte à la température  $T_s$ , un facteur de 1,3 à la température  $T_{max}$  et un facteur de 1,0 à la température  $T_a$  (ceci étant déjà par soi-même un facteur de sécurité).

Pour les calculs réels, l'estimation d'une contrainte de calcul acceptable,  $\sigma$ , est effectuée, et l'espérance de vie  $t_s$  est déterminée quand le tube est soumis, en continu, à  $1,5 \times \sigma$  et  $T_s = 70$  °C, puis, de même,  $t_{max}$  à  $1,3 \times \sigma$  et  $T_{max} = 80$  °C, ainsi que  $t_a$  à  $\sigma$  et  $T_a = 95$  °C. <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8ea92bbd-f73c-4e00-96f0-59-89964d985e-13760-1998>

Ces espérances de vie,  $t_i$ , sont déterminées graphiquement ou à l'aide des équations données, par exemple, dans l'ISO/TR 9080.

Les facteurs  $a_i$  sont respectivement 98 %, 2 % et 0,022 8 %. TYD est obtenu en remplaçant  $a_i$  et  $t_i$  (l'indice «*i*» correspondant aux trois composantes de la courbe de la température) dans l'équation (1).

La durée maximale pendant laquelle le tube peut être utilisé est de

$$t_x = \frac{100}{\text{TYD}} \text{ ans}$$

Si cette durée  $t_x$  est supérieure ou inférieure à celle qui est requise (dans le cas présent, 50 ans), la contrainte de service  $\sigma$  peut être choisie au-dessus ou au-dessous. Tout nouveau choix de la contrainte de service implique un nouveau calcul, jusqu'à ce que, par approximations successives, la valeur correcte de  $t_x$  soit obtenue.

Un ordinateur permet d'effectuer au mieux ces approximations successives. Un tableur convient, en particulier si les tenues espérées aux différentes températures et les contraintes peuvent être calculées à l'aide d'un modèle, comme celui utilisé dans l'ISO/TR 9080.

$$\lg t = A + \frac{B}{T} \lg \sigma + \frac{C}{T} + D \lg \sigma$$

En utilisant les coefficients de  $\lg t$  en fonction de  $\sigma$  et  $T$ , l'algorithme du tableur donne facilement  $t_x$  en fonction de  $\sigma$ .

### A.2 Exemple de calculs réels

Pour un calcul réel, à l'aide des données des contraintes relatives aux tubes en polybutylène (ISO 1167 et ISO 12230), on commence avec, par exemple,  $\sigma = 5,0$  MPa, et on remplace cette valeur par une plus élevée si la durée résultante  $t_x$  est trop longue, et vice versa. Les valeurs de  $t$  ( $t_s$ ,  $t_{max}$  et  $t_a$ ) sont obtenues à l'aide des équations données dans l'ISO 12230. Le calcul est effectué en utilisant les heures comme unité de temps car c'est l'unité normale des diagrammes de contraintes. Le résultat final est converti en années.

Le tableau A.1 indique quelques étapes de la variation de  $\sigma$ ; pour le calcul réel de  $t_x$ , le nombre de décimales utilisé fut plus important qu'il n'est montré ici.

Ainsi, pour une tenue de 50 ans, les tubes en PB peuvent avoir une contrainte de calcul  $\leq 5,04$  MPa afin de satisfaire aux exigences de la classe 2 de l'ISO 10508.

iTech STANDARD PREVIEW  
(standards.itech.ai)  
**Tableau A.1 — Exemple réel d'utilisation de la règle de Miner**  
 ISO 13760:1998

$\sigma$	$1,5 \times \sigma$	$T_s$	$t_s$	$a_s$	$a_s/T_s$	$1,3 \times \sigma$	$t_{max}$	$a_{max}$	$a_{max}/t_{max}$	$T_a$	$t_a$	$a_a$	$a_a/t_a$	$\Sigma (a_i/t_i)$	$t_x$	
MPa	MPa	°C	h	%	%/h	MPa	°C	h	%	°C	h	%	%/h	%/h	a	
5,0	7,5	70	$5,5 \times 10^5$	97,98	$1,8 \times 10^{-4}$	6,5	80	$1,4 \times 10^5$	2	$1,4 \times 10^{-5}$	95	$10,5 \times 10^3$	0,022 8	$2,2 \times 10^{-6}$	$1,9 \times 10^{-4}$	58,9
5,1	7,65		$3,7 \times 10^5$		$2,6 \times 10^{-4}$	6,63		$1,0 \times 10^5$		$2,0 \times 10^{-5}$		$8,2 \times 10^3$		$2,8 \times 10^{-6}$	$2,9 \times 10^{-4}$	39,9
5,04	7,56		$4,7 \times 10^5$		$2,1 \times 10^{-4}$	6,55		$1,2 \times 10^5$		$1,6 \times 10^{-5}$		$9,5 \times 10^3$		$2,4 \times 10^{-6}$	$2,3 \times 10^{-4}$	50,4

## Annexe B (informative)

### Règle de Miner et stabilité à l'oxydation

La stabilité à l'oxydation des polyoléfines dans la plage de 60 °C à 120 °C est généralement très bien décrite par une simple équation d'Arrhénius

$$t(T) = Ae^{E/RT} \quad (\text{B.1})$$

où

$t$  est la tenue à l'oxydation à la température  $T$ ;

$T$  est la température, en kelvins;

$A$  est une constante pour une réaction donnée;

$E$  est l'énergie d'activation;

$R$  est la constante des gaz parfaits [ $\approx 8,32 \text{ J}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ ].

iTech STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

Les énergies d'activation entre 60 °C et 120 °C sont toutes de l'ordre de 110 kJ/mol pour les polyoléfines.

Dans l'ISO/TR 9080, un facteur d'extrapolation  $K_e$  de 50 est appliqué de 110 °C à 70 °C ou 75 °C, ce qui équivaut à une énergie d'activation de 107 kJ/mol ou 125 kJ/mol. Ce facteur d'extrapolation se rapporte à l'extrapolation dans le temps: 1 an à 110 °C correspond à  $K_e$  années à des températures inférieures, où  $K_e$  est le facteur d'extrapolation, qui dépend de la différence de température.

Il est recommandé d'utiliser la valeur de 110 kJ/mol, sauf si les résultats expérimentaux indiquent autre chose. Cela est une approche prudente (sécurité).

L'équation B.1 permet de calculer les facteurs d'extrapolation à différentes températures (en réalité, à des écarts de température : 110 °C à 70 °C par exemple). Si la tenue à l'oxydation à un point de contrôle donné, soit 110 °C, est connue expérimentalement, la tenue à l'oxydation espérée aux différentes températures inférieures est obtenue en multipliant cette tenue à 110 °C par les facteurs d'extrapolation. Ces durées de vie peuvent être introduites dans l'équation de Miner, ce qui permet de calculer la tenue à l'oxydation espérée pour une variation donnée de la température.

Puisque toutes ces durées de vie sont proportionnelles à la tenue à l'oxydation au point de contrôle, le résultat selon la règle de Miner (durée de vie calculée suivant la variation de la température) est aussi proportionnel à  $t_{110^\circ\text{C}}$ . Il en résulte, par conséquent, qu'il y a un facteur d'extrapolation pour la variation de température, et la tenue à l'oxydation d'un tube ou d'un raccord pour cette variation est égale à la tenue à l'oxydation à 110 °C multipliée par le facteur d'extrapolation de cette variation.

Par conséquent, si un facteur d'extrapolation pour l'oxydation  $> 50$  est obtenu, la tenue à l'oxydation pour la variation de température est supérieure à 50 ans (la prescription normalisée concernant la tenue à l'oxydation à 110 °C est de 1 an). Inversement, si un facteur d'extrapolation pour l'oxydation  $< 50$  s'applique, une durée de vie  $> 1$  an à 110 °C est nécessaire pour une période de calcul de 50 ans.

Le facteur d'extrapolation de la tenue à l'oxydation du profil des températures de la classe 2 de l'ISO 10508 est 52.

## Annexe C (informative)

### Bibliographie

- [1] ISO 1167:1996, *Tubes en matières thermoplastiques pour le transport des fluides — Résistance à la pression interne — Méthode d'essai.*
- [2] ISO/TR 9080:1992, *Tubes thermoplastiques pour le transport des fluides — Méthodes d'extrapolation des essais de rupture sous pression en vue de la détermination de la résistance à long terme des matières thermoplastiques pour les tubes.*
- [3] ISO 12230:1996, *Tubes en polybutène (PB) — Influence du temps et de la température sur la résistance espérée.*
- [4] L'article original de M.A. Miner : "*How cumulative damage affects fatigue life*" (Machine Design, décembre 1945, p. 111 à 115) traite de l'analyse de la fatigue à différents niveaux de contraintes. La vérification expérimentale est effectuée sur un alliage d'aluminium.
- [5] En Allemagne, la règle de Miner est incluse dans le guide DVS 2205, partie 1 (novembre 1985) relatif aux tubes thermoplastiques.

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

[ISO 13760:1998](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8ea92bbd-f73c-4e00-96f0-59a9f966eb88/iso-13760-1998)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8ea92bbd-f73c-4e00-96f0-59a9f966eb88/iso-13760-1998>



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

ISO 13760:1998

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8ea92bbd-f73c-4e00-96f0-59a9f966eb88/iso-13760-1998>