

---

---

**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**

iTeh STANDARD REVIEW

(standards.iteh.ai)

*Thermoplastics pipes for the transport of fluids — Methods of extrapolation of  
hydrostatic stress rupture data to determine the long-term hydrostatic strength of  
thermoplastics pipe materials*

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0c5973a0-ccb9-4be8-912b-7392fa87ed31/iso-tr-9080-1992>



## Sommaire

	Page
Avant-propos .....	3
Introduction .....	6
0.1 Principes généraux .....	6
0.2 Utilisation des méthodes .....	9
1 Domaine d'application .....	12
2 Références normatives .....	12
3 Définitions, symboles et abréviations .....	13
4 Obtention des données .....	15
4.1 Conditions d'essai .....	15
4.2 Répartition des paliers de pression .....	15
5 Mode opératoire .....	16
5.1 Choix de la méthode pour la série de résultats considérée et analyse .....	16
5.2 Méthode I .....	17
5.3 Méthode II .....	25
6 Rapport d'essai .....	28
<b>Annexes</b>	
A Déroulement des opérations de la méthode I .....	29
B Calculs de la régression linéaire .....	33
C Essai de défaut d'ajustement pour valider la linéarité .....	42
D Détection d'un genou .....	46
E Estimation des coefficients de l'équation de la méthode I à l'aide d'une modélisation .....	49
F Estimation des coefficients de l'équation de la méthode I à l'aide d'une régression linéaire .....	61
G Ajustement à une courbe des résultats des essais d'éclatement sous pression des matières thermoplastiques .....	63

© ISO 1992

Droits de reproduction réservés. 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

Imprimé en Suisse

## 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 Electrotechnique Internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

La tâche principale des comités techniques ISO est d'élaborer des normes internationales. Dans des circonstances exceptionnelles, un comité technique peut proposer la publication d'un rapport technique parmi les types suivants :

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0c5973a0-ccb9-4be8-912b-7924870431/iso-tr-9080-1992>

- type 1, quand l'accord nécessaire pour publication comme norme internationale en dépit d'efforts répétés ne peut être obtenu ;

- type 2, quand le sujet en question est encore en cours de développement technique ou lorsque, pour toute autre raison, il y a possibilité dans le futur mais pas dans l'immédiat d'un accord sur une norme internationale ;

- type 3, lorsqu'un comité technique a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme norme internationale ("état de l'art" par exemple).

Les rapports techniques des types 1 et 2 font l'objet d'un nouvel examen, trois ans au plus tard après leur publication, pour décider s'ils peuvent être transformés en normes internationales. Les rapports techniques du type 3 ne doivent pas être nécessairement reconsidérés avant que les données fournies ne soient jugées valables ou utiles.

Le rapport technique ISO/TR 9080 type 2 fut préparé par le comité technique ISO/TC 138 "Tubes, raccords et robinetterie en matières plastiques pour le transport des fluides".

Ce rapport technique est le résultat d'importantes discussions au sein du groupe réduit 10 du groupe de travail 5 du comité technique 138 de l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO) (appelé ci-après : ISO/TC 138/GT 5/GR 10), chargé de l'élaboration du rapport technique qui sert de base. C'est un compromis qui incorpore des éléments de plusieurs méthodes adoptées au niveau national.

De plus, il est bien entendu que la méthode normalisée d'extrapolation (MNE) ne doit pas servir à rejeter les méthodes actuelles de détermination des contraintes de calcul ou des pressions admissibles des canalisations en matières plastiques, ni à rejeter des canalisations à base de matières qui, contrôlées suivant ces méthodes, donnent satisfaction depuis de nombreuses années. La méthode normalisée d'extrapolation (MNE) est, en général, destinée à être utilisée en vue de la qualification d'une matière pour tubes lors de son introduction sur le marché.

A ce jour, la MNE est à un stade où elle doit être utilisée avec de véritables données. Ainsi, la publication en tant que rapport technique type 2 est considérée comme justifiée.

Le comité souhaite avoir des commentaires basés sur l'analyse des résultats d'essais d'éclatement de tubes sous contrainte, à l'aide de l'une ou des deux méthodes. La méthode normalisée d'extrapolation peut être améliorée et, si nécessaire, modifiée grâce à des critiques constructives.

Les commentaires d'ordre général, par exemple, concernant les bases théoriques de la méthode normalisée d'extrapolation ne sont pas utiles à ce stade. Au cours de l'étude, de nombreuses propositions de ce genre furent déjà examinées. C'est une évaluation pratique du projet qui est nécessaire.

Le présent document est publié dans la série des rapports techniques de type 2 (conformément au paragraphe G.6.2.2. de la partie 1 des directives ISO/CEI) comme "norme prospective d'application provisoire" dans le domaine des tubes en matières thermoplastiques pour le transport des fluides en raison de l'urgence d'avoir une indication quant à la manière dont il convient d'utiliser les normes dans ce domaine pour répondre à un besoin déterminé.

Ce document ne doit pas être considéré comme une "norme internationale". Il est proposé pour une mise en oeuvre provisoire, dans le but de recueillir des informations et d'acquérir de l'expérience quant à son application dans la pratique. Il est de règle d'envoyer les observations éventuelles relatives au contenu de ce document au Secrétariat Central de l'ISO.

Il sera procédé à un nouvel examen de ce rapport technique de type 2 deux ans au plus tard après sa publication avec la faculté d'en prolonger la validité pendant deux autres années, de le transformer en norme internationale ou de l'annuler.

Les annexes de A à F font partie intégrante de ce rapport technique. L'Annexe G est seulement informative.

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

[ISO/TR 9080:1992](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0c5973a0-ccb9-4be8-912b-7392fa87ed31/iso-tr-9080-1992>

## Introduction

### 0.1 Principes généraux

L'aptitude à l'emploi des tubes plastiques soumis à la pression, est, en premier lieu, définie par la tenue sous contrainte de leur matière constitutive, en tenant compte des conditions de service envisagées (par exemple, la température).

Par convention, cela est exprimé à l'aide de la contrainte circonférencielle à laquelle un tube, à base de la matière considérée, est estimé pouvoir résister pendant 50 ans à la température de 20 °C, avec de l'eau comme milieu d'essai.

Dans certains cas, il est nécessaire de faire une estimation de cette contrainte à des durées plus courtes ou à une température plus élevée, ou aux deux éventuellement.

Les méthodes données dans cette norme sont conçues de manière à rassembler les exigences relatives aux deux estimations. Le résultat obtenu indique, en général, la valeur moyenne estimée de la contrainte circonférencielle qui peut provoquer la rupture en un temps et à une température donnés (contrainte circonférencielle de rupture).

Dans la plupart des cas, il est nécessaire d'obtenir une valeur pour le calcul des tubes, plutôt qu'une valeur de rupture ; par conséquent, il faut définir un facteur convenable qui tienne compte des autres propriétés de la matière ainsi que des différents aspects de l'application particulière considérée.

Ce rapport technique donne une méthode d'extrapolation des résultats d'essais à différentes températures à l'aide d'une modélisation (ajustement à une courbe), et, simultanément à l'aide d'une régression linéaire.

Ces méthodes d'ajustement ont un caractère mathématique, mais les formules utilisées sont basées sur la théorie de Eyring relative aux vitesses de réaction (annexe G).

Pour évaluer la valeur des prévisions du modèle utilisé, il est considéré comme nécessaire d'utiliser la limite inférieure de confiance à 97,5 % ; cette limite inférieure de confiance à 97,5 % est équivalente à la limite inférieure de l'intervalle de confiance à 95 %. Cette convention est adoptée dans les calculs, afin d'être en accord avec la littérature. Cela nécessite l'utilisation des techniques statistiques. Il est reconnu qu'auparavant ces méthodes ne furent pas précisées d'une manière quantitative et il est supposé que ce point sera pris en considération lors du choix de la valeur du facteur à utiliser pour convertir la contrainte circonférentielle de rupture en contrainte de calcul.

Les méthodes peuvent constituer une base pour l'interpolation des caractéristiques de contraintes de rupture à des conditions de température et de durées de service, différentes des valeurs conventionnelles = 50 ans à 20 °C.

Ces méthodes ne sont pas applicables si, en cours du programme d'essais des tubes, il se produit une attaque ou une dégradation, telle qu'une oxydation ou une consommation des additifs comme les stabilisants ou les antioxydants.

Il est essentiel que le liquide utilisé pour la mise sous pression des tubes n'ait pas d'autre influence. L'eau est en général considérée comme étant un milieu de cette sorte. L'influence d'une attaque chimique sur les tubes en matières plastiques pour la pression est un sujet d'étude de l'ISO/TC 138/SC 3.

Les études nécessaires pour élaborer la méthode normalisée d'extrapolation (MNE) furent effectuées par les membres de l'ISO/TC 138/GT 5/GR 10, qui se réunit pour la première fois en mars 1976, en tant que groupe ad hoc du GT 5. Les membres sont des experts, invités à titre personnel, de France, d'Allemagne, des Pays-Bas, de Suisse, du Royaume-Uni et des Etats-Unis d'Amérique. Au cours des débats, la possibilité d'appliquer les méthodes de Larson Miller et de Goldfein aux matières plastiques, ainsi que les normes nationales, les documents techniques publiés dans différents pays (Etats-Unis, Royaume-Uni, Canada, Allemagne, Suède, Pays-Bas, France et Suisse) fut étudiée. De plus, des experts de France, des Pays-Bas, du Royaume-Uni, des Etats-Unis et de Finlande furent chargés de travaux statistiques spécifiques. En tout, plus de 200 documents de travail, la plupart d'un haut niveau technologique, furent examinés au cours de cette étude.

Il fallut de longues réflexions pour déterminer quelle variable devait être prise comme variable indépendante pour calculer la contrainte à long terme. Le choix est entre le temps et la contrainte. La question de base à laquelle la méthode doit répondre, peut se poser de deux manières, comme suit :

a) quelle est la contrainte maximale (ou la pression) qu'une canalisation peut supporter à une température donnée pendant une durée fixée ?

On répond à cette question en choisissant le temps comme variable indépendante pour calculer la résistance à la pression à long terme ( $\sigma_{LTHS}$ ).

b) Combien de temps peut tenir une canalisation soumise à une contrainte fixée (ou à une pression), à une température donnée ?

On répond à cette question en choisissant la contrainte (pression) comme variable indépendante pour calculer la résistance à la pression à long terme ( $\sigma_{LTHS}$ ).

iTeh STANDARD PREVIEW

Les utilisateurs et les futurs utilisateurs des canalisations actuelles et des nouvelles canalisations peuvent se poser ces deux questions. Ces dernières sont justifiées toutes les deux.

Si les résultats des essais des tubes considérés ne sont pas dispersés et si la matière constitutive de ces tubes peut être parfaitement décrite par le modèle empirique retenu, la régression est identique que le temps ou la contrainte soit la variable indépendante. Il n'en est jamais ainsi, car les conditions d'essai ne sont jamais parfaites et la matière n'est pas homogène à 100 %, par suite, les observations sont dispersées. Le modèle est d'ailleurs un idéal. Les régressions ne sont donc pas identiques et la différence entre les valeurs calculées augmente avec la dispersion.

Il est possible de montrer que la régression de lg temps sur lg contrainte donne toujours des résultats plus défavorables que la régression lg contrainte sur lg temps, à cause de la dispersion des résultats. Dans le cas de la MNE, le choix entre les deux méthodes d'analyse de la régression (temps indépendant ou contrainte indépendante) ne doit pas permettre d'obtenir une valeur d'un optimisme injustifié.



C'est pour cette raison que tous les calculs de la MNE sont effectués en prenant la contrainte comme variable indépendante.

## 0.2 Utilisation des méthodes

0.2.1 Ces méthodes MNE sont conçues de manière à rassembler deux exigences fondamentales. Ce sont :

- a) estimer la contrainte circonférencielle moyenne à laquelle un tube, fabriqué à partir de la matière considérée, peut résister pendant 50 ans, à la température de 20 °C, avec de l'eau comme milieu d'essai.
- b) estimer la contrainte circonférencielle moyenne à d'autres durées plus courtes, ou à des températures plus élevées, ou, à l'occasion aux deux.

0.2.2 Il existe plusieurs modèles d'extrapolation qui ont différents degrés de liberté ou un nombre différent de variables, comme cela est indiqué à la figure 0.1. Il fut décidé que la MNE prendra seulement en considération les modèles QI et QII, RI et RII de la figure 0.1.

Un quatrième coefficient fut ajouté dans le cas des modèles RI et RII. L'addition de ce quatrième coefficient donne un meilleur coefficient de corrélation et un meilleur ajustement des valeurs, à cause du degré de liberté supplémentaire. Il est nécessaire d'ajouter ce quatrième coefficient, car il a été montré que pour certaines matières (PVC, PVC-C), cela donnait un meilleur ajustement.

Par contre, pour d'autres matières (PE, PP), l'ajustement est déjà satisfaisant avec le modèle à trois coefficients. L'addition d'autres coefficients améliorerait la corrélation, mais elle donnerait lieu à une extrapolation plus douteuse, et, par suite, ne fut pas retenue.

0.2.3 La méthode I de la MNE décrit la méthode d'estimation de la contrainte circonférencielle moyenne s'il y a un genou ou non, suivant les modèles QI, QII, RI et RII de la figure 0.1.

Cette méthode convient dans le cas des nouvelles matières et des matières qui n'ont pas encore été examinées en vue de la fabrication de tubes.

0.2.4 La méthode II de la MNE décrit la méthode d'estimation de la contrainte circonférencielle à 50 ans, à une température choisie pour la matrice de base du tube et ses variations, si elle est déjà beaucoup utilisée et prise en considération à l'ISO/TC 138 pour le transport de l'eau et/ou du gaz ainsi que pour les applications industrielles avec pression. Cette méthode ne peut être utilisée que si le modèle QI s'avère applicable.

0.2.5 La matière à essayer doit être sous forme de tube pour que la méthode soit applicable.

0.2.6 Le résultat final, fourni par la MNE, pour une matière donnée, est la valeur de la résistance à long terme sous pression ( $\sigma_{LTHS}$ ) et celle de la limite inférieure de confiance ( $\sigma_{lcl}$ ).

0.2.7 Il faut encore considérer des méthodes pour passer de  $\sigma_{LTHS}$  et/ou  $\sigma_{lcl}$  aux contraintes de calcul admissibles.

Des facteurs de service ou facteurs de sécurité doivent être appliqués.

Le rapport de la limite inférieure de confiance à 97,5 % sur la contrainte circonférencielle moyenne extrapolée pourrait être une estimation d'un facteur de sécurité, tenant compte de l'influence des essais et de la contrainte estimée par extrapolation.

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)

ISO/TR 9080:1992

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0c5973a0-ccb9-4be8-912b-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0c5973a0-ccb9-4be8-912b-7392fa87ed31/iso-tr-9080-1992)

[7392fa87ed31/iso-tr-9080-1992](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0c5973a0-ccb9-4be8-912b-7392fa87ed31/iso-tr-9080-1992)

I. Modèle à pente constante

II. Modèle à une discontinuité brusque de pente

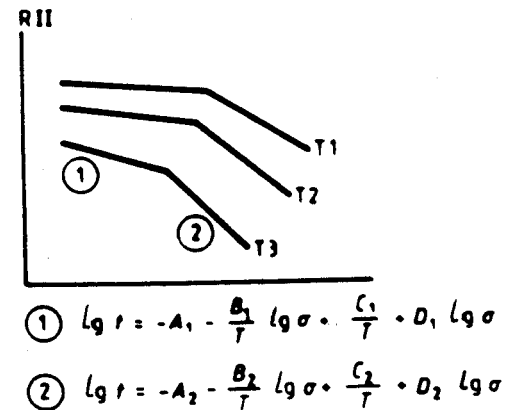
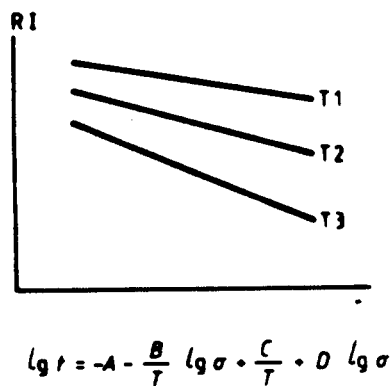
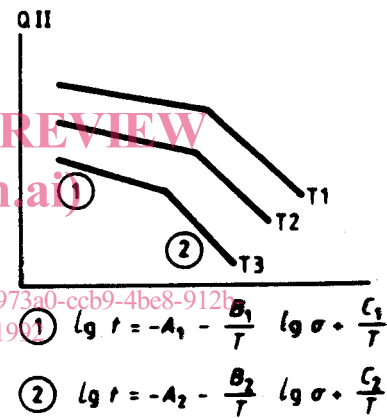
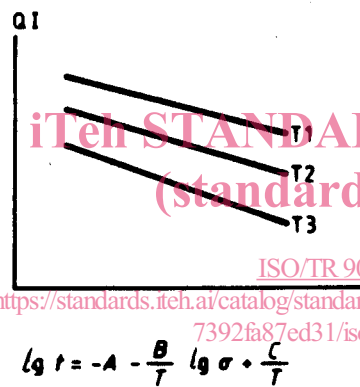
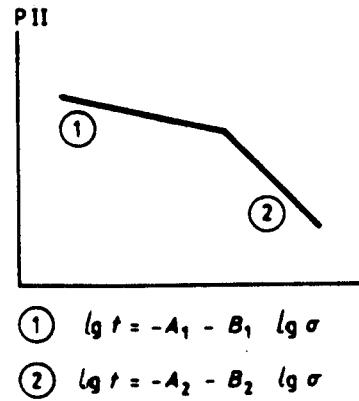
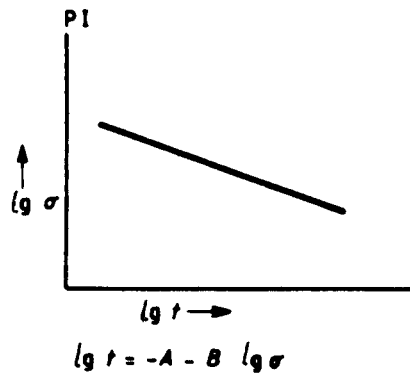


Figure 0.1 : modèles de comportement de la matière

# 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

## 1 Domaine d'application

Le présent rapport technique décrit des méthodes d'estimation de la résistance à long terme des matières thermoplastiques.

Ces méthodes sont applicables à tous les types connus de tubes thermoplastiques, et thermoplastiques réticulés, à une température quelconque et dans un milieu d'essai usuel donné. Elles sont basées sur des résultats d'essais obtenus avec des tubes de relativement faible dimension. Les normes de produit concernées doivent spécifier les dimensions des tubes à essayer.

(standards.iteh.ai)

Ces méthodes ne tiennent pas compte de l'influence de l'oxydation, de l'hydrolyse des antioxydants ou de l'épuisement d'additifs, tels que les stabilisants, au cours ou en dehors des essais. S'il se produit de tels phénomènes, il existe d'autres méthodes d'essai plus appropriées.

## 2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent 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, les éditions indiquées étaient 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 les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre de normes internationales en vigueur à un moment donné.

ISO 1167-1973 Tubes en matières plastiques pour le transport des fluides - Détermination de la résistance à la pression intérieure.

ISO 3126-1974 Tubes en matières plastiques - Mesurage des dimensions.

### 3 Définitions, symboles et abréviations

Pour les besoins de la présente norme internationale, les définitions suivantes s'appliquent :

**3.1 Pression interne (P) :** Force par unité de surface exercée dans le tube par le fluide.

**3.2 Contrainte ( $\sigma$ ) :** Force par unité de surface exercée dans la paroi du tube, dans le sens circonférenciel, et, due à la pression interne. La contrainte a pour symbole  $\sigma$  et est calculée à partir de la pression, à l'aide de l'équation suivante :

$$\sigma = \frac{P(D_{m,max} - e)}{2e_{min}}$$

où

$D_{m,max}$  est de diamètre extérieur moyen maximal ;  
 $e_{min}$  est l'épaisseur minimale de la paroi.

**3.3 Température d'essai (T) :** Température à laquelle les résultats des essais de rupture furent obtenus.

**3.4 Température de service ( $T_s$ ) :** Température à laquelle le tube est utilisé.

**3.5 Défaillance :** Rupture physique au cours de l'essai qui se présente sous forme d'un éclatement ductile, d'une fissure fragile, d'une fente ou d'un fleurance (suintement du liquide à travers la paroi).

**3.6 Résistance à la pression liée au temps et à la température ( $\sigma_{tTHS}$ ) :** Quantité ayant la dimension d'une contrainte et qui peut être considérée comme une propriété de la matière examinée. Elle est exprimée par :

$$\sigma_{tTHS} = \sigma(T, lgt, \alpha)$$

où

T est la température en Kelvin ;  
 t est le temps, en heures ;  
 $\alpha$  est un facteur relatif à la probabilité qu'a le tube, fabriqué à partir de la matière considérée, de tenir sans défaillance pendant une durée t, lorsqu'il est soumis à une contrainte  $\sigma$ , à une température constante.

NOTE :  $\sigma_{tTHS}$  doit être calculée à l'aide des résultats d'essai, suivant l'une des méthodes I ou II décrites à l'article 5.

**3.7 Résistance à long terme ( $\sigma_{LTMS}$ ) :** Quantité ayant la dimension d'une contrainte qui peut être considérée comme une propriété de la matière examinée. Elle représente la limite inférieure de confiance à 50 % (lcl) de la résistance à la pression de longue durée et est égale à la résistance moyenne ou à la résistance moyenne prévue à une température T pendant une durée t. Le facteur  $\alpha$  étant égal à 0,5 (voir 3.6). Elle est désignée par :

$$\sigma_{LTMS} = \sigma(T, lgt, 0,5)$$

iTeh STANDARD PREVIEW  
 (standards.iteh.ai)

**3.8 Limite inférieure de confiance de la résistance à long terme ( $\sigma_{lcl}$ ) :** Quantité ayant la dimension d'une contrainte qui peut être considérée comme une propriété de la matière examinée. Elle représente la limite inférieure de confiance (lcl) à 97,5 % de la résistance à la pression de longue durée et est égale à la résistance moyenne ou à la résistance moyenne prévue à une température T, pendant une durée t, le facteur  $\alpha$  étant égal à 0,975 (voir 3.6). Elle est désignée par :

$$\sigma_{lcl} = \sigma(T, lgt, 0,975)$$

**3.9 Genou :** Point de transition entre les deux modes différents de rupture envisagés qui se manifeste par un changement de pente du diagramme des résultats d'essais, de rupture sous pression des tubes, en coordonnées lg contrainte - lg temps.

## 4 Obtention des données

### 4.1 Conditions d'essai

Les résultats des essais de rupture sous contrainte des tubes doivent être obtenus en utilisant le mode opératoire décrit dans l'ISO 1167-1973. Cependant en cas de désaccord entre cette norme et les dispositions de la MNE, ces dernières doivent alors s'appliquer.

La pression à l'intérieur du tube doit être transmise par un fluide comme l'eau ou un autre liquide. La nature des milieux interne et externe doit être mentionnée dans le rapport d'essai. Ces milieux doivent être maintenus à la température d'essai à  $\pm 1$  °C, ou mieux à  $\pm 0,5$  °C, pendant la durée du conditionnement, soit 15 min avant le commencement, et, pendant l'essai.

Le diamètre extérieur moyen et l'épaisseur minimale de paroi de chacune des éprouvettes, doivent être déterminés suivant l'ISO 3126.

### 4.2 Répartition des paliers de pression

A chaque température choisie, il faut obtenir au moins 25 points de défaillance, contrainte-temps, supérieurs à 10 h, répartis sur un minimum de 5 paliers de pression, et, de telle sorte qu'à chaque palier, il y ait au moins une défaillance (pour des raisons d'ordre statistique, il est recommandé qu'à chaque palier de pression il y ait plusieurs défaillances). Si possible, les paliers de pression doivent être choisis de telle sorte qu'il se produise au moins :

- 8 défaillances entre 10 et 100 h ;
- 8 défaillances entre 100 et 1 000 h ;
- et 9 défaillances au-dessus de 1 000 h ;

cependant il faut qu'au moins un de ceux-ci soit supérieur à 9 000 h.

Les éprouvettes non rompues aux pressions les plus faibles doivent être utilisées comme points de défaillance dans les calculs s'ils augmentent la valeur de  $\sigma_{LTHS}$ , dans le cas contraire, ils doivent être rejetés.

NOTE : pour faciliter l'emploi des méthodes statistiques retenues, il est recommandé que la différence entre deux paliers de pression successifs satisfassent à la relation :

$$\Delta \lg (\text{contrainte}) = \text{constante}$$