
**Méthode d'essai de fatigue pour chaînes
de transmission de précision à rouleaux**

Fatigue test method for transmission precision roller chains

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 15654:2004](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7330ca9c-13e8-417e-8b3d-af5c326829ef/iso-15654-2004)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7330ca9c-13e8-417e-8b3d-af5c326829ef/iso-15654-2004>



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 15654:2004](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7330ca9c-13e8-417e-8b3d-af5c326829ef/iso-15654-2004)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7330ca9c-13e8-417e-8b3d-af5c326829ef/iso-15654-2004>

© 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
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Symboles	2
4 Principe	3
5 Appareillage	3
5.1 Machine d'essai	3
5.2 Fixations	4
6 Éprouvettes	4
7 Méthode d'essai	4
7.1 Efforts	4
7.2 Essai de conformité	6
7.3 Méthode de l'escalier	7
8 Analyse des résultats issus d'un essai de l'escalier	8
8.1 Données	8
8.2 Enregistrement des données de l'escalier	8
8.3 Calculs statistiques	9
9 Expression des résultats	9
9.1 Informations sur la chaîne testée	9
9.2 Matériel et méthodes d'essai	9
9.3 Résultats des essais de conformité et de l'escalier	10
Annexe A (informative) Essai de survie avec analyse abrégée par la méthode des probits	11
Annexe B (informative) Méthode d'essai combiné	15
Annexe C (informative) Justification relative à l'ajout d'un échelon à la limite de fatigue pour une analyse de l'escalier	21
Annexe D (informative) Ajout d'un point «fantôme» supplémentaire à la fin d'un essai de l'escalier	24
Annexe E (informative) Rapport des résultats d'essai de fatigue	25
Annexe F (informative) Détermination des valeurs caractéristiques de fatigue de chaînes de transmission en conditions réelles	32
Annexe G (informative) Extrapolation de la résistance à la fatigue de 3×10^6 cycles à 10^7 cycles	38
Annexe H (informative) Essai à durée de vie finie et analyse des données	42
Bibliographie	47

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 15654 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 100, *Chaînes et roues à chaînes pour transmission d'énergie et convoyeurs*. (standards.iteh.ai)

ISO 15654:2004
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7330ca9c-13e8-417e-8b3d-af5c326829ef/iso-15654-2004>

Méthode d'essai de fatigue pour chaînes de transmission de précision à rouleaux

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie une méthode d'essai de fatigue uniaxial pour des chaînes de transmission à rouleaux, les essais étant réalisés à température ambiante avec l'effort appliqué selon un cycle sinusoïdal dans le sens longitudinal de la chaîne. Elle spécifie également les méthodes d'analyse statistique des résultats d'essai et donne les formes et les éléments de présentation des résultats des essais de fatigue et de leur analyse.

2 Références normatives

Les documents de références 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 606, *Chaînes de transmission de précision à rouleaux et à douilles, plaques-attaches et roues dentées correspondantes*

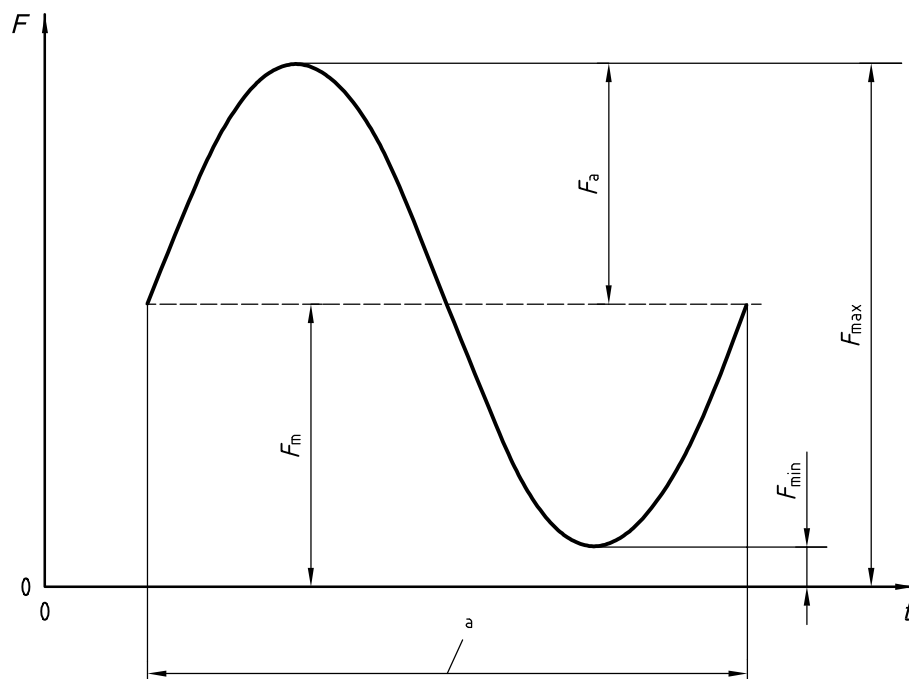
ISO 10190, *Chaînes pour motocycles — Caractéristiques et méthodes de contrôle*

3 Symboles

Voir Tableau 1 et Figure 1.

Tableau 1 — Symboles

Symbole	Signification	Unités
d	Pas d'échelonnement — intervalle séparant deux niveaux d'effort successifs dans un essai dit de l'escalier [voir Équation (5)]	N
F_{\max}	Effort maximal — valeur maximale de l'effort dans le cycle	N
F_{\min}	Effort minimal — valeur minimale de l'effort dans le cycle	N
F_m	Effort moyen — moitié de la somme de l'effort maximal et de l'effort minimal dans le cycle d'effort [voir Équation (1)]	N
F_a	Amplitude — moitié de la différence entre l'effort maximal et l'effort minimal [voir Équation (2)]	N
F_b	Résistance moyenne à la fatigue — effort ramené à un effort minimal nul, pour lequel la probabilité de rupture est de 50 % à la limite d'endurance [voir Équation (6)]	N
F_d	Limite de fatigue — effort ramené à un effort minimal nul, pour lequel la probabilité calculée de rupture après 10^7 cycles d'effort est de 0,135 %. Cette limite représente l'effort au-dessous duquel la chaîne peut supporter un nombre indéfini de cycles sans casser [voir Équation (8)]	N
F_t	Effort d'essai — effort maximal ramené à un effort minimal nul, auquel un essai a été réalisé [voir Équation (3)]	N
F_u	Résistance minimale à la traction — résistance minimale à la traction de la chaîne telle que spécifiée dans l'ISO 606 ou l'ISO 10190	N
N	Cycles — nombre de cycles, à un effort (alterné) donné, appliqués à un échantillon à un moment donné de l'essai	—
N_e	Limite d'endurance — nombre prédéterminé de cycles au bout duquel un essai sera interrompu sans qu'il y ait eu rupture de l'échantillon	—
n	Nombre de points pris en compte dans l'analyse	—
p	Pas d'une chaîne	mm
S	Écart-type des données dans la méthode de l'escalier [voir Équation (7)]	N



$$F_m = \left(\frac{F_{\max} + F_{\min}}{2} \right) \quad (1)$$

$$F_a = \left(\frac{F_{\max} - F_{\min}}{2} \right) \quad (2)$$

Légende

F effort
 t temps

a 1 cycle.

[ISO 15654:2004](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7330ca9c-13e8-417e-8b3d-af5c326829ef/iso-15654-2004)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7330ca9c-13e8-417e-8b3d-af5c326829ef/iso-15654-2004>

Figure 1 — Cycle d'effort type

4 Principe

Des essais sont réalisés sur des chaînes de transmission afin de déterminer le comportement à la fatigue des plaques tel qu'illustré par un diagramme $F-N$ ou pour vérifier la conformité aux exigences de résistance à la fatigue de l'ISO 606 et de l'ISO 10190.

5 Appareillage

5.1 Machine d'essai

La machine doit être dimensionnée de manière que l'effort maximal appliqué à l'éprouvette soit $\geq 10\%$ de la capacité maximale de la machine. Les essais doivent être réalisés sur une machine en mesure d'appliquer à l'éprouvette un effort sinusoïdal en tension axiale.

La fréquence d'essai doit être choisie de manière à n'induire aucune augmentation préjudiciable de la température de l'éprouvette.

La machine doit être étalonnée périodiquement afin de maintenir la précision appropriée. Il convient d'étalonner la machine d'essai à $\pm 2\%$ de sa capacité maximale. Il est admis de monter un système de surveillance de l'effort en série avec l'éprouvette afin de s'assurer que le cycle d'effort est maintenu constant au cours de l'essai.

La machine d'essai doit également être équipée:

- a) d'un compteur destiné à enregistrer le nombre de cycles d'effort,
- b) d'un dispositif destiné à arrêter la machine à la rupture de la chaîne, et
- c) d'un dispositif destiné à éviter le redémarrage de la machine après un arrêt d'urgence en cas de panne d'alimentation, etc.

5.2 Fixations

Les fixations doivent être en mesure de transmettre un effort axial à l'éprouvette sans induire d'effort parasite. Des fixations de type universel doivent être utilisées pour les essais de fatigue des chaînes de transmission.

Les fixations universelles doivent être conçues conformément aux dimensions de chaîne spécifiées dans d'autres normes. Des exemples de fixations sont illustrés à la Figure 2.

Les fixations universelles doivent permettre le libre mouvement des deux côtés de l'axe de la chaîne tant dans le plan normal au plan d'articulation de la chaîne que dans le plan transversal. Le trou dans la fixation doit être de dimension égale au diamètre d'alésage de la douille de la chaîne à tester.

NOTE Les éprouvettes illustrent toutes cinq maillons libres.

Lorsqu'une chaîne est soumise à l'essai sur des poulies, il faut empêcher tout déplacement de la chaîne sur la poulie afin de s'assurer que seuls des maillons spécifiques de la chaîne sont soumis à l'essai.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7330ca9c-13e8-417e-8b3d-af5c326829ef/iso-15654-2004>

6 Éprouvettes

6.1 Au moins cinq maillons libres de chaîne doivent être utilisés comme éprouvette pour les essais de fatigue, sauf pour les chaînes d'un pas supérieur à 50,8 mm pour lesquelles un minimum de trois maillons libres est admissible.

Les maillons libres sont les maillons de chaîne qui ne sont pas en contact avec les fixations.

6.2 Les éprouvettes doivent être des chaînes neuves, non endommagées et ayant été soumises à l'ensemble des phases de fabrication. Le choix du type de lubrifiant est libre.

7 Méthode d'essai

7.1 Efforts

7.1.1 Effort minimal

L'effort minimal doit être au moins égal à 1 % mais inférieur à 5 % de la résistance minimale à la traction spécifiée dans l'ISO 606 ou dans l'ISO 10190 pour la chaîne en question.

7.1.2 Effort maximal

L'effort maximal doit être déterminé selon les procédures décrites en 7.2 pour un essai de conformité et en 7.3 pour un essai de l'escalier.

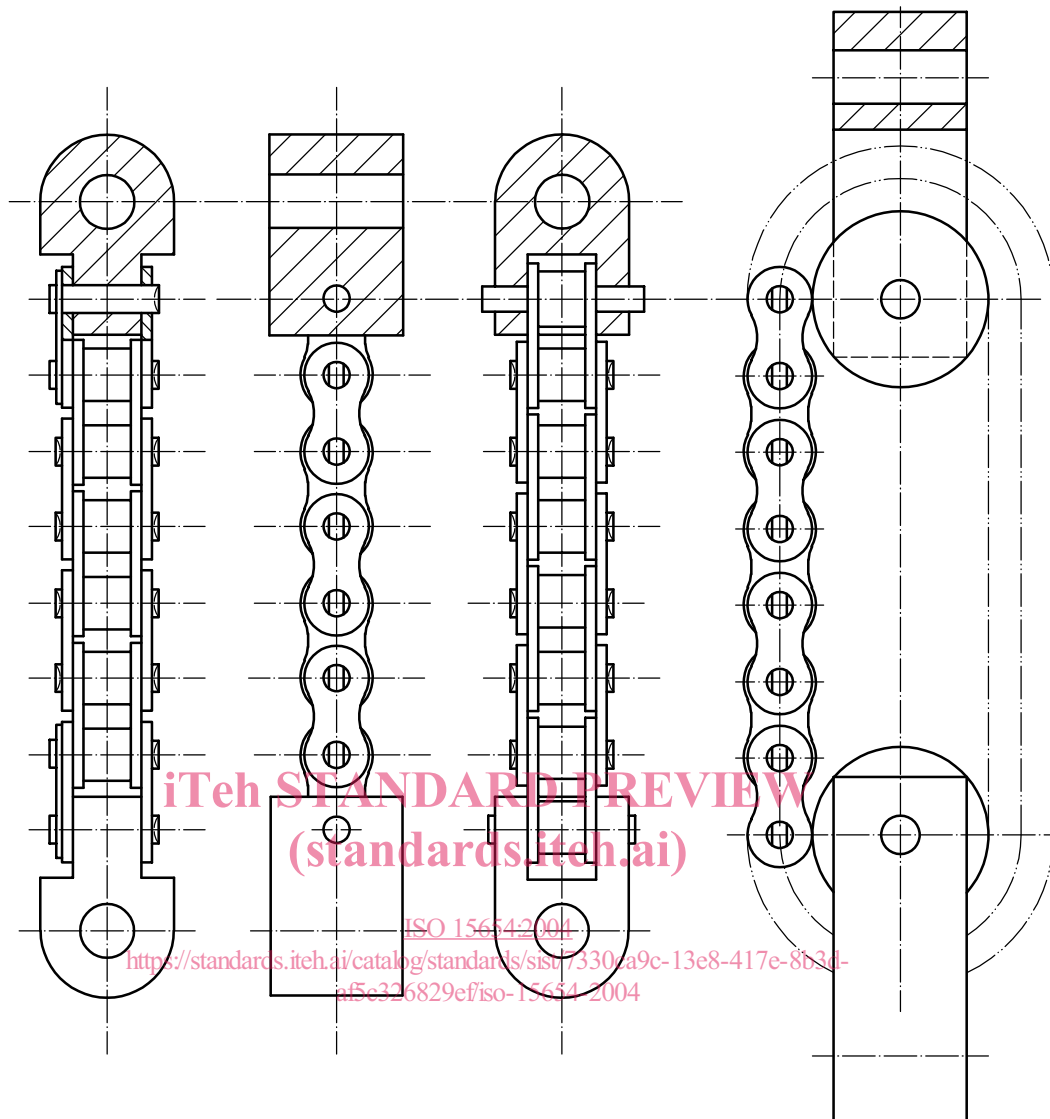
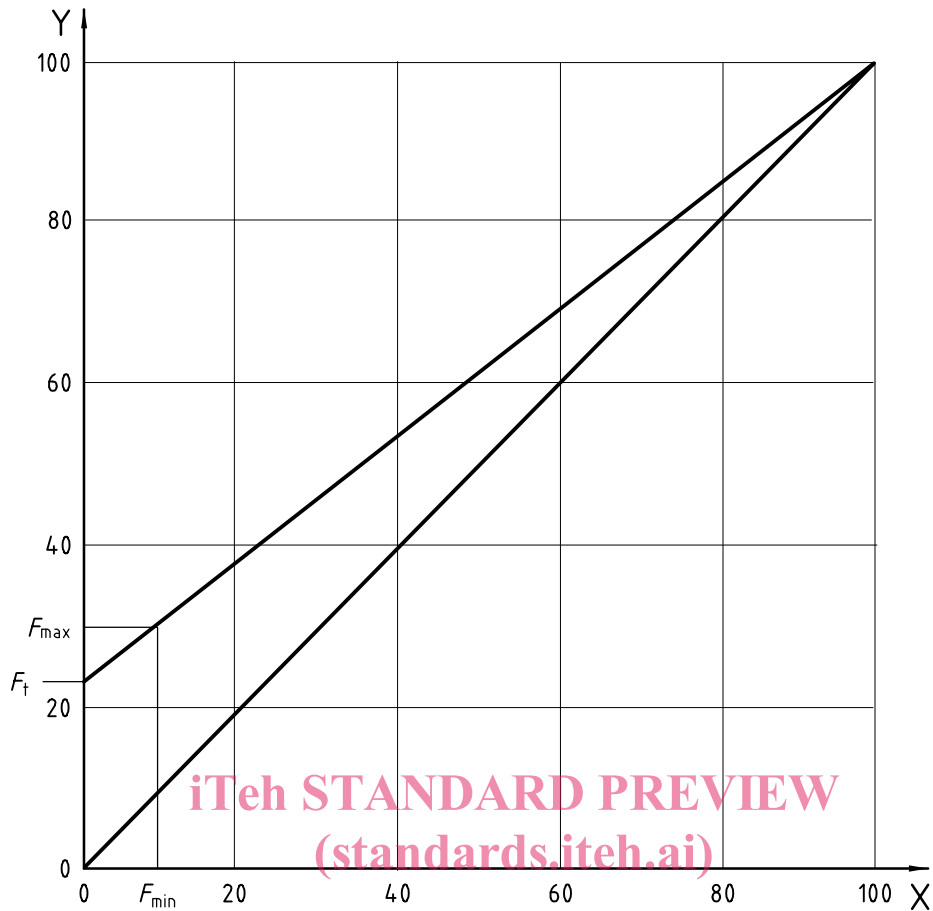


Figure 2 — Exemples d'éprouvettes montées dans des fixations universelles

7.1.3 Effort d'essai

Pour l'analyse des données d'essai de fatigue, les efforts maximaux doivent être ramenés à un effort minimal nul. Un effort d'essai est obtenu en corrigeant l'effort maximal à l'effort minimal nul au moyen de la méthode de Johnson-Goodman illustrée par l'Équation (3). La relation de Johnson-Goodman est illustrée sur la Figure 3, où $F_{\min} = 0,05 \times F_u$ et $F_{\max} = 0,3 \times F_u$ et le résultat F_t est $0,263 2 \times F_u$.

$$F_t = \frac{F_u(F_{\max} - F_{\min})}{F_u - F_{\min}} \quad (3)$$



ISO 15654:2004
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7330ca9c-13e8-417e-8b3d-af5c326829ef/iso-15654-2004>

Légende

- X effort minimal, % de F_u
- Y effort maximal, % de F_u

Figure 3 — Diagramme de Johnson-Goodman

7.1.4 Application de l'effort

Un effort de traction longitudinal doit être appliqué, variant selon un cycle sinusoïdal entre l'effort minimal déterminé selon 7.1.1 et l'effort maximal déterminé selon 7.1.2. L'essai doit être poursuivi jusqu'à la limite d'endurance ou jusqu'à la rupture de l'éprouvette, selon l'événement survenant en premier.

7.2 Essai de conformité

7.2.1 Objet

Un essai de conformité sert à déterminer si une chaîne satisfait aux exigences de résistance à la fatigue spécifiées dans l'ISO 606 ou l'ISO 10190.

7.2.2 Limite d'endurance

La limite d'endurance doit être de 3×10^6 cycles.

7.2.3 Effort minimal

L'effort minimal pour l'essai doit être déterminé conformément à 7.1.1.

7.2.4 Effort maximal

L'effort maximal doit être déterminé à l'aide de l'Équation (4):

$$F_{\max} = \frac{F_t F_u + [F_{\min}(F_u - F_t)]}{F_u} \quad (4)$$

7.2.5 Nombre d'essai

Trois éprouvettes doivent être testées.

7.2.6 Acceptation

Toutes les éprouvettes doivent résister sans se rompre jusqu'à la limite d'endurance.

7.3 Méthode de l'escalier

7.3.1 Objet

Un essai de l'escalier sert à déterminer la limite de fatigue d'une chaîne.

7.3.2 Description

Dans la présente Norme internationale, l'essai de l'escalier est un essai au cours duquel les éprouvettes sont soumises à des niveaux d'effort prédéterminés, espacés selon un échelonnement régulier. La première éprouvette est soumise à un niveau d'effort légèrement supérieur à la résistance à la fatigue moyenne estimée de la chaîne. Si la première éprouvette résiste jusqu'à la limite d'endurance (non-rupture), l'éprouvette suivante est soumise à un niveau d'effort immédiatement supérieur. Si la première éprouvette se rompt avant d'atteindre la limite d'endurance, l'éprouvette suivante est soumise à l'essai au niveau d'effort immédiatement inférieur. Les niveaux d'effort des essais ultérieurs sont déterminés de la même manière et les essais sont poursuivis jusqu'à réalisation complète du nombre exigé d'essais.

7.3.3 Limite d'endurance

La limite d'endurance doit être de 10^7 cycles lors des essais de détermination de la limite de fatigue.

7.3.4 Règles de réalisation d'un essai de l'escalier

Tout essai réalisé selon la méthode de l'escalier doit commencer par une alternance de résultat — une non-rupture suivie d'une rupture ou une rupture suivie d'une non-rupture.

L'essai de l'escalier doit comprendre dix points au minimum pour déterminer la moyenne avec une confiance de 95 % et six points pour la déterminer avec une confiance de 90 %. Pour détecter une variation d'environ un demi-pas dans la valeur moyenne, l'essai selon la méthode de l'escalier doit comprendre un nombre minimum d'échantillons, indiqué dans le Tableau 2.

Tableau 2 — Effectifs d'échantillons requis

Confiance	Escalier à 3 échelons	Escalier à 4 échelons	Escalier à 5 échelons
90 %	6	11	16
95 %	10	15	20

Le niveau d'effort le plus élevé d'un escalier ne doit comprendre que des ruptures.

Le niveau d'effort le plus faible d'un escalier ne doit comprendre que des non-ruptures.

Les niveaux d'effort intermédiaires d'un escalier doivent comprendre des ruptures et des non-ruptures.

7.3.5 Détermination du pas d'échelonnement

7.3.5.1 Utilisation de l'essai de survie avec analyse par la méthode des probits

Voir l'Annexe A. Le pas d'échelonnement doit être déterminé conformément à A.5.

7.3.5.2 Utilisation de la méthode d'essai combiné

Voir l'Annexe B. Le pas d'échelonnement doit être déterminé conformément à B.3.4.3 [voir Équation (B.10)].

7.3.5.3 Utilisation de la méthode empirique

Des essais approfondis ont démontré qu'il est possible d'obtenir des résultats fiables lorsque le pas d'échelonnement, exprimé en newtons (N), est déterminé conformément à l'Équation (5).

$$d \approx 14p^{1,5} \tag{5}$$

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

8 Analyse des résultats issus d'un essai de l'escalier

8.1 Données

ISO 15654:2004

Les données destinées à une analyse d'un essai de l'escalier doivent être recueillies conformément à 7.3

af5c326829efiso-15654-2004

Il est possible de déterminer un point d'essai supplémentaire à la fin d'un essai de l'escalier en appliquant les règles de réalisation (voir 7.3) de l'essai. Ce point d'essai supplémentaire, parfois appelé point «fantôme», doit être inclus dans l'analyse.

8.2 Enregistrement des données de l'escalier

Les données sont généralement reportées dans un tableau et tracées sur un diagramme au fur et à mesure de l'avancement de l'essai afin de s'assurer que les règles d'élaboration d'un escalier sont appliquées. Le Tableau 3 illustre un exemple de ce type de présentation des données (trois niveaux d'effort et un niveau de confiance de 95 %).

Tableau 3 — Report de données de l'escalier — Exemple

Effort d'essai	Essais non valides		Essais valides									
	x											
$F_t + 2d$	x											
$F_t + d$		x					x			x		#
F_t			x		x		o			o		o
$F_t - d$				o			o					
o non-rupture x rupture # point fantôme												

8.3 Calculs statistiques

8.3.1 Résistance moyenne à la fatigue: probabilité de survie de 0,50

La résistance moyenne à la fatigue doit être calculée à l'aide de l'Équation (6).

$$F_b = \frac{\sum_{i=1}^n F_{ti}}{n} \quad (6)$$

où n est le nombre total d'essais valides dans les calculs de l'escalier.

8.3.2 Écarts-types

Les écarts-types des données de l'escalier doivent être calculés à l'aide de l'Équation (7).

$$S = \left[\frac{\sum_{i=1}^n F_{ti}^2}{n} - F_b^2 \right]^{0,5} \quad (7)$$

8.3.3 Limite de fatigue: probabilité de survie de 0,998 65

La limite de fatigue doit être calculée à l'aide de l'Équation (8).

$$F_d = F_b - 3S + d \quad (8)$$

ISO 15654:2004
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7330ca9c-13e8-417e-8b3d-af5c326829ef/iso-15654-2004>

9 Expression des résultats

9.1 Informations sur la chaîne testée

L'auteur doit spécifier à l'utilisateur

- la marque commerciale, un autre nom ou la marque d'identification de la chaîne testée,
- le numéro ISO ou le numéro du fabricant ainsi que le pas de la chaîne testée, et
- la longueur, en nombre de maillons libres, des éprouvettes.

9.2 Matériel et méthodes d'essai

9.2.1 Matériel d'essai

L'auteur doit spécifier à l'utilisateur

- la marque commerciale et le type de la machine d'essai,
- la capacité maximale de la machine d'essai,
- le nombre de machines, lorsque plusieurs machines sont utilisées,
- la méthode de vérification et de surveillance de l'effort dynamique, et
- la méthode d'étalonnage et la date du dernier étalonnage.

9.2.2 Méthode d'essai

L'auteur doit spécifier à l'utilisateur

- a) le type d'essai de conformité ou de l'escalier,
- b) le nombre de cycles de la limite d'endurance, et
- c) toute condition ambiante pouvant affecter les résultats d'essai.

9.3 Résultats des essais de conformité et de l'escalier

L'auteur doit fournir un tableau avec les résultats d'essai. Ce tableau doit contenir

- a) l'identification de l'éprouvette,
- b) la séquence d'essai, l'ordre dans lequel les éprouvettes ont été soumises à l'essai,
- c) l'effort maximal et minimal pour chaque essai,
- d) l'effort ramené à un effort minimal nul, pour chaque essai,
- e) la fréquence des cycles d'effort,
- f) le nombre de cycles après lequel chaque essai a été interrompu,
- g) la raison pour laquelle chaque essai a été interrompu et, s'il s'agit d'une rupture, le composant de la chaîne qui a cassé,
- h) un résumé succinct de l'examen après essai, le cas échéant, et
- i) la machine utilisée pour chaque essai, si plusieurs machines ont été utilisées.

Pour l'essai de l'escalier, l'auteur doit également fournir à l'utilisateur

- la résistance moyenne à la fatigue, F_b , et
- la résistance minimale à la fatigue, ou la limite de fatigue.

Annexe A (informative)

Essai de survie avec analyse abrégée par la méthode des probits

A.1 Principe

L'objet de cet essai est de déterminer la limite moyenne de fatigue et son écart-type. Un essai de survie avec une analyse abrégée par la méthode des probits peut également servir à déterminer le pas d'échelonnement pour des essais de l'escalier ultérieurs réalisés sur le modèle de chaîne en question.

A.2 Description

L'essai de survie est une procédure au cours de laquelle des groupes d'éprouvettes de chaîne sont soumis à différents niveaux d'effort de sorte que le niveau d'effort central comprenne environ 50 % de ruptures, le niveau d'effort le plus élevé entre 90 % et 95 % de ruptures et le niveau d'effort le plus faible entre 5 % et 10 % de ruptures.

Une analyse par la méthode des probits sert à estimer la limite moyenne de fatigue et l'écart-type de la population soumise à l'essai. Le pas d'échelonnement est ensuite établi pour s'inscrire entre 67 % et 150 % de l'écart-type pour les futurs essais par la méthode de l'escalier de la chaîne en question.

A.3 Méthode d'essai

[ISO 15654:2004](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7330ca9c-13e8-417e-8b3d-af5c326829ef/iso-15654-2004)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7330ca9c-13e8-417e-8b3d-af5c326829ef/iso-15654-2004>

A.3.1 Éprouvettes

Préparer au moins 50 éprouvettes, et de préférence 100, conformément à l'Article 6, provenant toutes d'un même lot de fabrication.

Prévoir des éprouvettes supplémentaires pour les essais préliminaires ou non valides.

A.3.2 Limite d'endurance

Établir la limite d'endurance à 10^7 cycles.

A.3.3 Niveau d'effort

Prévoir cinq niveaux d'effort pour un essai de survie, l'un fournissant environ 50 % de ruptures avant la limite d'endurance (très proche de la moyenne), deux niveaux d'effort supérieurs et deux niveaux inférieurs. Il est admis de ne prévoir que quatre niveaux d'effort si la moyenne s'inscrit approximativement à mi-chemin entre deux niveaux d'effort.

S'assurer que l'intervalle entre deux niveaux d'effort adjacents est uniforme.

Le niveau d'effort moyen peut être sélectionné au moyen d'un essai rapide de l'escalier (cinq ou six essais).

A.3.4 Essais

Attribuer les éprouvettes à chaque niveau conformément au Tableau A.1 ou au Tableau A.2 pour que la précision à chaque niveau d'effort soit comparable. Au minimum cinq éprouvettes à chaque niveau, et cinquante éprouvettes au total, sont requises pour obtenir la précision nécessaire.