



Norme  
internationale

**ISO 23936-4**

**Industries du pétrole et du gaz  
y compris les énergies à faible  
teneur en carbone — Matériaux  
non métalliques en contact avec les  
fluides relatifs à la production de  
pétrole et de gaz —**

Partie 4:  
**Matériaux composites renforcés  
de fibres**

*Oil and gas industries including lower carbon energy — Non-  
metallic materials in contact with media related to oil and gas  
production —*

*Part 4: Fiber-reinforced composite materials*

Première édition  
2024-09

iTeh Standards  
(<https://standards.itih.ai>)  
Document Preview

[ISO 23936-4:2024](https://standards.itih.ai/catalog/standards/iso/60e5d056-f88f-4cda-822b-c6aad33cbd9a/iso-23936-4-2024)

<https://standards.itih.ai/catalog/standards/iso/60e5d056-f88f-4cda-822b-c6aad33cbd9a/iso-23936-4-2024>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2024

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, 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, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office  
Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8  
CH-1214 Vernier, Genève  
Tél.: +41 22 749 01 11  
E-mail: [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)  
Web: [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

# Sommaire

Page

<b>Avant-propos</b> .....	<b>v</b>
<b>Introduction</b> .....	<b>vi</b>
<b>1 Domaine d'application</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Références normatives</b> .....	<b>1</b>
<b>3 Termes, définitions et abréviations</b> .....	<b>3</b>
3.1 Termes et définitions .....	3
3.2 Abréviations .....	4
<b>4 Exigences techniques</b> .....	<b>5</b>
4.1 Exigences générales .....	5
4.2 Mises en garde .....	7
4.3 Traçabilité .....	7
4.4 Identification des éprouvettes .....	8
4.5 Validation de la conformité .....	9
4.6 Contrôle qualité pour la fabrication des plaques d'essai stratifiées .....	10
4.6.1 Généralités .....	10
4.6.2 Contrôle qualité pour la fabrication des plaques .....	11
4.7 Préparation, contrôle qualité et identification des éprouvettes .....	13
4.7.1 Préparation des éprouvettes .....	13
4.7.2 Contrôle qualité de la préparation des éprouvettes .....	13
<b>5 Niveau 1 – Caractérisation des propriétés des matériaux</b> .....	<b>13</b>
5.1 Généralités .....	13
5.2 Rapports .....	15
<b>6 Niveau 2 – Stabilité des matériaux (à court terme)</b> .....	<b>15</b>
6.1 Généralités .....	15
6.2 Critères d'essai .....	15
6.2.1 Généralités .....	15
6.2.2 Température d'exposition .....	16
6.2.3 Durées d'exposition .....	16
6.2.4 Fluides d'essai .....	16
6.2.5 Méthodes d'essai des propriétés .....	16
6.2.6 Critères de seuil .....	17
6.3 Considérations en matière de pré-conditionnement .....	17
6.4 Rapports .....	17
<b>7 Niveau 3 – Stabilité des matériaux (vieillesse accélérée)</b> .....	<b>18</b>
7.1 Généralités .....	18
7.2 Températures d'exposition .....	18
7.3 Durées d'exposition .....	19
7.4 Fluides d'exposition .....	19
7.5 Gonflement initial .....	20
7.6 Méthodes d'essai des propriétés .....	20
7.7 Critères de seuil .....	20
7.8 Considérations en matière de pré-conditionnement .....	20
7.9 Évaluation des données du Niveau 3 .....	20
7.10 Rapports .....	21
<b>8 Niveau 4 – Stabilité des matériaux (à long terme)</b> .....	<b>21</b>
8.1 Exigences générales pour l'évaluation de Niveau 4 .....	21
8.2 Températures d'exposition .....	21
8.3 Durées d'exposition .....	22
8.4 Fluides d'exposition .....	22
8.5 Gonflement initial .....	22
8.6 Méthodes d'essai des propriétés .....	22
8.7 Recommandations pour la sélection des méthodes d'essai du Niveau 4 .....	22

## ISO 23936-4:2024(fr)

8.8	Considérations en matière de pré-conditionnement.....	22
8.9	Évaluation des données du Niveau 4.....	22
8.10	Seuil de référence.....	23
8.11	Critères de seuil pour les composites.....	23
<b>Annexe A</b>	<b>(normative) Fluides, conditions, équipements et procédures d'essai pour le vieillissement des matériaux composites.....</b>	<b>24</b>
<b>Annexe B</b>	<b>(normative) Fabrication des plaques stratifiées.....</b>	<b>41</b>
<b>Annexe C</b>	<b>(normative) Extraction d'éprouvettes à partir de plaques stratifiées.....</b>	<b>46</b>
<b>Annexe D</b>	<b>(normative) Contrôle qualité et documentation du stratifié et de la bande UD thermoplastique.....</b>	<b>50</b>
<b>Annexe E</b>	<b>(informative) Considerations for short-term thermomechanical evaluation and qualification.....</b>	<b>54</b>
<b>Annexe F</b>	<b>(informative) Selecting elevated temperatures for accelerated tests.....</b>	<b>55</b>
<b>Bibliographie</b>	.....	<b>57</b>

# iTeh Standards (<https://standards.iteh.ai>) Document Preview

[ISO 23936-4:2024](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/60e5d056-f88f-4cda-822b-c6aad33cbd9a/iso-23936-4-2024)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/60e5d056-f88f-4cda-822b-c6aad33cbd9a/iso-23936-4-2024>

## 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 (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier, de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir [www.iso.org/directives](http://www.iso.org/directives)).

L'ISO attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'ISO ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de propriété revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'ISO n'avait pas reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse [www.iso.org/brevets](http://www.iso.org/brevets). L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié tout ou partie de tels droits de brevet.

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir [www.iso.org/avant-propos](http://www.iso.org/avant-propos).

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 67, *Industries du pétrole et du gaz, y compris les énergies à faible teneur en carbone*, en collaboration avec le comité technique CEN/TC 12, *Industries du pétrole et du gaz, y compris les énergies à faible teneur en carbone* du Comité européen de normalisation (CEN), conformément à l'Accord de coopération technique entre l'ISO et le CEN (Accord de Vienne).

Une liste de toutes les parties de la série ISO 23936 se trouve sur le site web de l'ISO.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse [www.iso.org/fr/members.html](http://www.iso.org/fr/members.html).

## Introduction

Les matériaux non métalliques sont utilisés dans les industries du pétrole, de la pétrochimie et du gaz naturel pour un large éventail de composants. Le présent document a pour objet d'établir des exigences et des lignes directrices pour une planification systématique et efficace, ainsi que pour la sélection des matériaux non métalliques afin d'obtenir des solutions techniques économiques, prenant en compte les contraintes éventuelles dues à des questions de sécurité et/ou environnementales.

De nombreux acteurs de l'industrie, allant des opérateurs et fournisseurs aux ingénieurs et aux autorités, tirent profit du présent document. Celui-ci couvre les types génériques appropriés de matériaux non métalliques (par exemple, thermoplastiques, élastomères, plastiques thermodurcissables) et inclut les expériences techniques existantes les plus diverses.

Ces informations viennent à l'appui de la sélection des matériaux. Elles peuvent être appliquées pour aider à prévenir les défaillances coûteuses résultant de la dégradation de l'équipement lui-même, qui peuvent présenter un risque pour la santé et la sécurité du public et du personnel ou pour l'environnement. Le présent document vient en complément du document relatif aux matériaux métalliques en service corrosif (la série ISO 15156). Par la forme, il diffère des recommandations fournies à l'utilisateur concernant la dégradation potentielle des propriétés recherchées dans le cadre d'une utilisation avec des équipements destinés à des environnements de production de l'industrie pétrolière et gazière. La série ISO 15156 fournit les limites d'application et exigences de qualification pour les matériaux métalliques dans des environnements contenant du H<sub>2</sub>S qui sont uniquement liées aux mécanismes pertinents de fissuration due à l'environnement.

Les propriétés mécaniques et la stabilité environnementale des matériaux composites dépendent des propriétés et de la stabilité environnementale des résines, des fibres et des interfaces de liaison fibre/résine de la matrice. Le présent document porte sur les propriétés globales des composites et leur stabilité environnementale. Afin de permettre cette évaluation, le présent document utilise des plaques plates et/ou des formes tubulaires fabriquées spécifiquement pour ces essais.

Le présent document reconnaît qu'un plus large éventail de compositions et de paramètres ont une incidence sur la dégradation des matériaux non métalliques et, par conséquent, il fournit des recommandations facilitant la sélection des matériaux pour les applications d'exploration et de production de pétrole et de gaz en se fondant sur la stabilité dans des conditions d'essai appropriées.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/60e5d056-f88f-4cda-822b-c6aad33cbd9a/iso-23936-4-2024>

# Industries du pétrole et du gaz y compris les énergies à faible teneur en carbone — Matériaux non métalliques en contact avec les fluides relatifs à la production de pétrole et de gaz —

Partie 4:

## Matériaux composites renforcés de fibres

**ATTENTION** — Les matériaux non métalliques sélectionnés à l'aide de la série ISO 23936 sont résistants aux environnements trouvés dans les industries du pétrole et du gaz naturel, mais pas nécessairement dans toutes les conditions de service. Dans tous les cas, dans le cadre du présent document, il incombe à l'utilisateur de l'équipement de s'assurer que les matériaux sélectionnés sont appropriés pour le service prévu.

### 1 Domaine d'application

Le présent document fournit les principes généraux, les exigences et les recommandations pour l'évaluation de stabilité des matériaux composites renforcés de fibres destinés aux équipements utilisés dans des environnements de production de l'industrie pétrolière et gazière.

Le présent document décrit les procédures d'essai comparatif des matériaux composites constitués de polymères (matériaux thermoplastiques et thermodurcissables) et de matériaux de renforcement tels que le verre, le carbone, l'aramide et les métaux sous forme de fibres continues ou de tissus utilisés dans les équipements destinés à la production de pétrole et de gaz.

Les essais et la caractérisation des résines pures et des produits à base de fibres ne relèvent pas du domaine d'application du présent document.

Les équipements considérés incluent, mais sans s'y limiter, les conduites, les canalisations, les chemisages et les composants d'outils de fond non métalliques.

Le cloquage résultant de la décompression rapide du gaz, les revêtements et les matériaux composites renforcés par des particules composées et des fibres courtes n'entrent pas dans le domaine d'application du présent document.

### 2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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 175, *Plastiques — Méthodes d'essai pour la détermination des effets de l'immersion dans des produits chimiques liquides*

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 1172, *Plastiques renforcés de verre textile — Préimprégnés, compositions de moulage et stratifiés — Détermination des taux de verre textile et de charge minérale par des méthodes calcination*

ISO 1183-1, *Plastiques — Méthodes de détermination de la masse volumique des plastiques non alvéolaires — Partie 1: Méthode par immersion, méthode du pycnomètre en milieu liquide et méthode par titrage*

ISO 1268-1, *Plastiques renforcés de fibres — Méthodes de fabrication de plaques d'essai — Partie 1: Conditions générales*

ISO 1268-3, *Plastiques renforcés de fibres — Méthodes de fabrication des plaques d'essai — Partie 3: Moulage par compression voie humide*

ISO 1268-4, *Plastiques renforcés de fibres — Méthodes de fabrication de plaques d'essai — Partie 4: Moulage de préimprégnés*

ISO 1268-5, *Plastiques renforcés de fibres — Méthodes de fabrication de plaques d'essai — Partie 5: Moulage par enroulement filamentaire*

ISO 1268-7, *Plastiques renforcés de fibres — Méthodes de fabrication de plaques d'essai — Partie 7: Moulage par transfert de résine*

ISO 1268-9, *Plastiques renforcés de fibres — Méthodes de fabrication de plaques d'essai — Partie 9: Moulage des GMT/STC*

ISO 2781, *Caoutchouc vulcanisé ou thermoplastique — Détermination de la masse volumique*

ISO 6721-11, *Plastiques — Détermination des propriétés mécaniques dynamiques — Partie 11: Température de transition vitreuse*

ISO 7822, *Plastiques renforcés de verre textile — Détermination de la teneur en vide — Méthodes par perte au feu, par désintégration mécanique et par comptage statistique*

ISO 11357-2, *Plastiques — Analyse calorimétrique différentielle (DSC) — Partie 2: Détermination de la température et de la hauteur de palier de transition vitreuse*

ISO 14126, *Composites plastiques renforcés de fibres — Détermination des caractéristiques en compression dans le plan*

ISO 14127, *Composites renforcés de fibres de carbone — Détermination des teneurs en résine, en fibre et en vide*

ISO 14129, *Composites plastiques renforcés de fibres — Détermination de la réponse contrainte-déformation en cisaillement plan, module et résistance compris, par essai de traction à plus ou moins 45 degrés*

ISO 14130, *Composites plastiques renforcés de fibres — Détermination de la résistance au cisaillement interlaminaire apparent par essai de flexion sur appuis rapprochés*

ISO 15024, *Composites plastiques renforcés de fibres — Détermination de la ténacité à la rupture interlaminaire en mode I,  $G_{IC}$ , de matériaux composites à matrice polymère renforcés de fibres unidirectionnelles*

ISO 15114, *Composites plastiques renforcés de fibres — Détermination de la résistance à la rupture en mode II de matériaux renforcés de fibres unidirectionnelles en utilisant l'essai de délaminage (C-ELS) et une approche de la longueur de fissure réelle*

EN 2564, *Série aérospatiale — Stratifiés de fibres de carbone — Détermination de la teneur en fibres, en résine et du taux de porosité*

ASTM D792, *Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement*

ASTM E1131, *Standard Test Method for Compositional Analysis by Thermogravimetry*

ASTM D2290, *Standard Test Method for Apparent Hoop Tensile Strength of Plastic or Reinforced Plastic Pipe*

ASTM D2344, *Standard Test Method for Short-Beam Strength of Polymer Matrix Composite Materials and Their Laminates*

ASTM D2412, *Standard Test Method for Determination of External Loading Characteristics of Plastic Pipe by Parallel-Plate Loading*

ASTM D3039, *Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials*

ASTM D3171, *Standard Test Methods for Constituent Content of Composite Materials*

ASTM D3410, *Standard Test Method for Compressive Properties of Polymer Matrix Composite Materials with Unsupported Gage Section by Shear Loading*

ASTM D3418, *Standard Test Method for Transition Temperatures and Enthalpies of Fusion and Crystallization of Polymers by Differential Scanning Calorimetry*

ASTM D3518, *Standard Test Method for In-Plane Shear Response of Polymer Matrix Composite Materials by Tensile Test of a  $\pm 45^\circ$  Laminate*

ASTM D5229, *Standard Test Method for Moisture Absorption Properties and Equilibrium Conditioning of Polymer Matrix Composite Materials*

ASTM D5379, *Standard Test Method for Shear Properties of Composite Materials by the V-Notched Beam Method*

ASTM D5448, *Standard Test Method for Inplane Shear Properties of Hoop Wound Polymer Matrix Composite Cylinders*

ASTM D5449, *Standard Test Method for Transverse Compressive Properties of Hoop Wound Polymer Matrix Composite Cylinders*

ASTM D5450, *Standard Test Method for Transverse Tensile Properties of Hoop Wound Polymer Matrix Composite Cylinders*

ASTM D5528, *Standard Test Method for Mode I Interlaminar Fracture Toughness of Unidirectional Fiber-Reinforced Polymer Matrix Composites*

ASTM D6641, *Standard Test Method for Compressive Properties of Polymer Matrix Composite Materials Using a Combined Loading Compression (CLC) Test Fixture*

ASTM D7028, *Standard Test Method for Glass Transition Temperature (DMA  $T_g$ ) of Polymer Matrix Composites by Dynamic Mechanical Analysis (DMA)*

ASTM D7078, *Standard Test Method for Shear Properties of Composite Materials by V-Notched Rail Shear Method*

ASTM D7905, *Standard Test Method for Shear Properties of Composite Materials by V-Notched Rail Shear Method*  
*Standard Test Method for Determination of the Mode II Interlaminar Fracture Toughness of Unidirectional Fiber-Reinforced Polymer Matrix Composites*

NPL (2020), *Measurement Good Practice Guide N°38, Fibre Reinforced Plastic Composites — Machining of Composites and Specimen Preparation*; National Physical Laboratory (GB)<sup>1)</sup>

### 3 Termes, définitions et abréviations

#### 3.1 Termes et définitions

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

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <https://www.electropedia.org/>

---

1) Disponible à l'adresse [www.npl.co.uk](http://www.npl.co.uk).

### 3.1.1

#### **matériau composite**

système de matériaux constitué de deux ou plusieurs phases distinctes en termes de composition ou de forme à une échelle macroscopique, normalement une phase matricielle et des phases de renforcement, avec des interfaces reconnaissables entre elles

### 3.1.2

#### **fabricant**

producteur de plaques d'essai et d'éprouvettes

### 3.1.3

#### **température de transition vitreuse**

$T_g$   
point situé approximativement au milieu du domaine de température dans lequel se produit la transition vitreuse et où les propriétés mécaniques du *matériau composite* (3.1.1) passent de l'état élastique (vitreux) à l'état visqueux (caoutchouteux)

Note 1 à l'article: La température de transition vitreuse, désignée par ( $T_g$ ), peut varier en fonction de la propriété spécifique, de la méthode et des conditions choisies pour effectuer le mesurage [par exemple, par analyse calorimétrique différentielle (DSC) ou par analyse mécanique dynamique (DMA)].

### 3.1.4

#### **feuille**

pli  
mince feuille individuelle de fibres de renfort longues et continues ayant la même orientation dans une résine matrice polymère, disposée à plat ou incurvée

### 3.1.5

#### **stratifié**

combinaison de *feuilles* (3.1.4)

### 3.1.6

#### **fournisseur**

producteur des matériaux utilisés pour la création de produits semi-finis et/ou finis

### 3.1.7

#### **ensimage**

traitements facultatifs généralement appliqués au fil par les *fournisseurs* (3.1.6), pour des raisons qui peuvent inclure l'augmentation de la compatibilité fibre-matrice ainsi que la simplification de la manipulation durant la fabrication

### 3.1.8

#### **$T_g$ humide**

*température de transition vitreuse* (3.1.3) du matériau saturé en fluide

## 3.2 Abréviations

ATM	méthode d'essai accélérée
CA	durci en autoclave
CH	durci par pression à chaud
CNC	commande numérique par ordinateur
CO	durci en étuve
COA	certificat d'analyse
COC	certificat de conformité

COV	coefficient de variation
CU	durci par UV
DMA	analyse mécanique dynamique
DSC	analyse calorimétrique différentielle
GFRP	polymère renforcé de fibre de verre
GMT	thermoplastique renforcé par un mat de fibre de verre
HDT	température de fléchissement à chaud
HPHT	haute pression haute température
IPS	cisaillement dans le plan
LF	stratification par enroulement filamentaire
LP	stratification par préimprégnés
LR	moulage par transfert de résine sous vide
LW	stratification par humidité
MOL	limite opérationnelle du matériau
NDT	essais non destructifs
PA	polyamide
ppm (vol)	parties en volume par parties par million en volume
CQ	contrôle qualité
DQ	documentation qualité
SEM	microscope électronique à balayage
STC	composite thermoplastique en feuille
TA	consolidation en autoclave
TI	consolidation isotherme
TP	pressage à chaud
TGA	analyse thermogravimétrique
UD	unidirectionnel
UV	rayonnement ultraviolet

## 4 Exigences techniques

### 4.1 Exigences générales

La sélection d'un matériau composite dépend des propriétés du matériau et de son comportement au vieillissement dans un fluide. Le présent document établit quatre niveaux d'essai dans le but de comparer les propriétés de divers matériaux composites. Les méthodes d'essai au niveau du matériau doivent

se concentrer sur la géométrie du stratifié et de l'éprouvette et ne constituent en aucun cas un essai d'application fonctionnelle, lequel ne relève pas du domaine d'application du présent document. La confection des éprouvettes décrite vise à fournir une base commune et cohérente permettant de générer des données comparables pour différents matériaux composites. Des essais spécifiques doivent être effectués pour la mise en place réelle d'échantillons représentatifs de la forme du produit final. Des données relatives aux propriétés des matériaux sont générées aux quatre niveaux pour permettre une comparaison cohérente des matériaux en question. Des données génériques doivent être obtenues au Niveau 1 et au Niveau 2, y compris concernant les critères de seuil, uniquement dans le but de fournir des informations pour la présélection. Lorsque l'utilisateur nécessite des données sur la stabilité des matériaux soumis à un vieillissement accéléré dans un fluide multiphasique contenant de l'H<sub>2</sub>S, le Niveau 3 doit s'appliquer. Lorsque l'utilisateur a besoin de données sur la stabilité du matériau au-delà de 56 jours, ainsi que d'un effort d'estimation de la durée de vie à long terme, le Niveau 4 doit s'appliquer.

**NOTE** Le vieillissement des composites se heurte à la combinaison de plusieurs défis. Dans la plupart des cas, le vieillissement des polymères ou des thermodurcissables ne permet de traiter que les propriétés quasi isotropes des matériaux. Les composites, quelle que soit leur configuration, sont en outre confrontés à des difficultés liées aux polymères ainsi qu'à des propriétés hautement anisotropes engendrées par les propriétés des fibres et de l'interface, qui peuvent vieillir très différemment du matériau de la matrice. Tous les effets peuvent se chevaucher et se traduire par l'apparition de différents modes de défaillance ou par des changements de ces derniers tout au long de la période de vieillissement.

Les expériences de vieillissement peuvent être conçues de la manière suivante afin d'obtenir des informations significatives, notamment en ce qui concerne l'établissement de modèles de durée de vie tenant compte des effets complexes suivants:

- a) identifier les mécanismes de vieillissement possibles pour le matériau de la matrice;
- b) identifier les mécanismes de vieillissement possibles pour le matériau des fibres;
- c) identifier les mécanismes de vieillissement possibles pour l'interface;
- d) distinguer le vieillissement physique du vieillissement chimique;
- e) distinguer le vieillissement réversible du vieillissement irréversible;
- f) déterminer les probabilités que les mécanismes susmentionnés se produisent simultanément pendant les périodes d'essai;
- g) classer les mécanismes en fonction de leur gravité;
- h) établir un classement en fonction de la caractérisation des matériaux ou des essais liés à l'application;
- i) exclure tout mécanisme de vieillissement indésirable en excluant par voie physique/chimique d'autres influences de vieillissement (surveillées et notifiées), en choisissant des variations de composition en vue de favoriser une défaillance spécifique, ou une combinaison des deux.

La conformité de Niveau 1 consiste à caractériser et documenter les propriétés des matériaux dans un rapport de données sur les matériaux. Elle comprend un COC pour les essais de contrôle qualité des lots. Voir [5.1](#) et le [Tableau 2](#) pour une liste de propriétés des matériaux devant être documentées. Les propriétés physiques et mécaniques doivent être caractérisées avec les matériaux dans leur état non vieilli. Ces propriétés standard aident à la sélection des matériaux qui satisfont à la spécification de conception. En outre, certains essais relatifs aux propriétés sont utilisés pour l'assurance qualité et le contrôle qualité. Les essais de Niveau 1 établissent un référentiel pour les essais de niveau supérieur.

La conformité de Niveau 2 se rapporte au comportement de stabilité (vieillissement) des matériaux et doit être accompagnée d'un rapport. [L'Article 6](#) fournit les exigences pour la conformité de Niveau 2. L'effet des trois premiers fluides donnés en [6.2.4](#) sur les propriétés des matériaux doit être examiné par des études de vieillissement en temps réel. La résistance d'un matériau aux changements chimiques/physiques/mécaniques est déterminée.

La conformité de Niveau 3 se rapporte au comportement de stabilité (vieillissement accéléré) des matériaux et doit être accompagnée d'un rapport. [L'Article 7](#) fournit les exigences pour la conformité de Niveau 3. Les effets des évaluations du vieillissement avec trois températures sur les propriétés des matériaux doivent

être étudiés. Les évaluations de Niveau 3 ont pour objet d'accélérer les changements de propriétés des matériaux, en particulier dans les fluides multiphasiques contenant de l'H<sub>2</sub>S.

La conformité de Niveau 4 se rapporte à une évaluation de la stabilité des matériaux (à long terme) sur 180 jours ou plus. Le Niveau 4 vise à estimer la durée de vie et doit être accompagné d'un rapport. [L'Article 8](#) fournit les exigences pour la conformité de Niveau 4. L'évaluation de Niveau 4 a pour objet de prédire la dégradation progressive du matériau; par conséquent, les recommandations en matière de seuil de conformité sont fournies à des fins d'estimation de la durée de vie. Le rapport doit inclure un compte rendu détaillé de l'analyse des données, de l'extrapolation, de l'estimation de la durée de vie et de la confiance statistique. Les utilisateurs doivent évaluer les critères de seuil, les résultats de l'estimation de la durée de vie, ainsi que la méthodologie complète afin de déterminer l'adéquation des matériaux pour l'application.

Tous les rapports doivent détailler les essais et analyses réalisés, ainsi que l'édition du présent document utilisée au moment des essais.

Il est admis que les études en laboratoire utilisant les conditions standard d'essai ne fournissent pas de données pouvant être utilisées pour la conception. L'utilisateur peut exiger des essais d'aptitude à l'usage ou d'autres essais pour simuler les conditions de production afin de permettre la sélection des matériaux pour l'application finale. Les essais fonctionnels des composants ne sont pas détaillés dans le présent document.

Si des preuves scientifiques attestent de la résistance du matériau aux produits chimiques à la pression et aux températures prévues, alors ce matériau peut être exempté du Niveau 3 ou du Niveau 4.

### 4.2 Mises en garde

Il convient que les concepteurs ne présument pas que les propriétés fournies dans un rapport de données sur les matériaux, tel que défini à [l'Article 5](#), représentent précisément les propriétés trouvées dans la géométrie des produits finis. La méthode de conversion est connue pour avoir un impact sur ces propriétés et il convient de le prendre en compte lors la conception.

L'utilité et la certitude de l'estimation de la durée de vie peuvent augmenter lorsque des données à plus long terme sont utilisées pour établir la tendance en matière de dégradation. Les essais de Niveau 3, allant jusqu'à 56 jours, sont plus utiles pour les estimations de durée de vie à court terme (jusqu'à 1 an) et peuvent présenter une certitude moindre pour les estimations de durée de vie à long terme (plus de 1 an). Les essais de Niveau 4 nécessitent des données allant jusqu'à 180 jours ou plus, dans le but d'obtenir une meilleure certitude pour l'estimation de la durée de vie à long terme.

Dans certains cas, la dégradation progressive des composites sur de longues périodes à des températures bien supérieures à la température en service cible n'est pas observée. Les données et l'effort d'estimation de la durée de vie restent néanmoins utiles, étant donné qu'ils démontrent la stabilité du matériau dans cet environnement d'essai.

### 4.3 Traçabilité

Pour qu'un composant final reste conforme à l'ISO 23936-4, il doit être fabriqué à partir d'un matériau composite conforme au présent document. L'ensemble du processus de fabrication du composé doit être entièrement traçable. Les documents de conformité doivent indiquer l'édition du présent document utilisée dans le cadre de l'évaluation. Toute référence à la conformité à la série ISO 23936 doit inclure la partie et l'édition (année) de la norme utilisée, par exemple ISO 23936-4:2024.

Chaque composant et le COC associé doivent être traçables jusqu'au fournisseur de la composition. Chaque entreprise qui participe à la fabrication d'une composition conforme au présent document doit conserver pendant un minimum de 10 ans les registres de traçabilité, comprenant ses propres procédures, lieux et dates de fabrication.

Des exigences supplémentaires en matière de conformité et de traçabilité tout au long de la chaîne d'approvisionnement peuvent être trouvées dans les normes de produits pertinentes et convenues entre les parties concernées.

#### 4.4 Identification des éprouvettes

Les informations relatives à la fabrication des éprouvettes doivent être fournies en utilisant le système de code d'identification suivant. Si le type de fibre ou de résine appartient à une nouvelle classe qui n'est pas couverte ci-dessous, la désignation complète doit être ajoutée à la fiche technique.

a) Système de matériaux:

A.1 Il convient que le type de fibre de renfort (par exemple, carbone: CF, verre E: EG, verre ECR: ECR, verre S: SG, aramide: AR, il convient que les informations relatives à l'ensimage et aux éventuels additifs, modules de la fibre et précurseurs, le type de liasse, le poids linéaire, la taille des câbles et le type de tissage, le cas échéant, ainsi que sa qualité soient incluses si elles sont disponibles. Des désignations pour les fibres de carbone, de verre et d'aramide peuvent être fournies conformément aux normes ISO 13002, ASTM D578/D578M-23 et à la série EN 13003, respectivement.

NOTE Les composites renforcés de fibres discontinues (courtes), comme les composites de couches très fines, sont couverts dans l'ISO 23936-1.

A.2 Type de résine (par exemple, époxyde: EP, phénolique: PH, ester vinylique: VE, polyester non saturé: UP, polyéthylène: PE, bismaléimide: BMI, PEEK: PK, poly(sulfure de phénylène): PPS, polyamide: PA, poly(fluorure de vinylidène): PVDF, polypropylène: PP) ainsi que sa qualité;

A.3 Type de configuration du tissu [par exemple, tissu stratifié: WR, cousu-tricoté: SB, unidirectionnel (préimprégné): UD, filament stratifié: FR, tressage: BR].

b) Orientation du feuillet et séquence d'empilage du stratifié lors de la préparation des éprouvettes:

B.1 Stratifié à feuillet croisé, orientation 0/90,  $[0/90]_{ns}$ , où  $n$  représente le nombre de répétitions et  $s$  représente un empilage symétrique;

B.2 Stratifié unidirectionnel  $[0]_n$ ;

B.99 Autres orientations en enroulement croisé comme  $+\alpha / -\alpha$ .

c) Méthode de stratification:

C.1 Stratification par préimprégnés (LP); <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/60e5d056-f88f-4cda-822b-c6aad33cbd9a/iso-23936-4-2024>

C.2 Moulage par transfert de résine sous vide (LR);

C.3 Stratification par humidité (LW);

C.4 Stratification par enroulement filamentaire (LF);

C.5 Soudage par placement de bande (LT);

C.99 Nouvelle technologie de stratification (nom de la méthode).

d) Méthode de consolidation pour les composites thermoplastiques:

D.1 Pressage à chaud (TP);

D.2 Consolidation isotherme (TI);

D.3 Consolidation en autoclave (TA);

D.99 Nouvelle technologie de consolidation (nom de la méthode).

e) Méthode de durcissement pour les composites thermodurcissables:

E.1 Durci en étuve (CO);

E.2 Durci par pression à chaud (CH);

E.3 Durci en autoclave (CA);