
**Produits consommables pour le
soudage — Fils-électrodes fourrés
pour soudage à l'arc avec ou sans
gaz de protection des aciers non
alliés et des aciers à grains fins —
Classification**

iTeh STANDARD PREVIEW

(standard) (iTech)

*Welding consumables — Tubular cored electrodes for gas shielded
and non-gas shielded metal arc welding of non-alloy and fine grain
steels — Classification*

ISO 17632:2015

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f5898d65-cbc0-4b79-ab28-2ddf709d1145/iso-17632-2015>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 17632:2015

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f5898d65-cbc0-4b79-ab28-2ddf709d1145/iso-17632-2015>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2015, Publié en Suisse

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Ch. de Blandonnet 8 • CP 401
CH-1214 Vernier, Geneva, Switzerland
Tel. +41 22 749 01 11
Fax +41 22 749 09 47
copyright@iso.org
www.iso.org

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
Introduction	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Classification	2
4 Symboles et exigences	4
4.1 Symbole du produit et/ou du procédé.....	4
4.2 Symbole pour les caractéristiques de traction du métal fondu hors dilution ou du joint soudé.....	4
4.2.1 Technique multipasse.....	4
4.2.2 Technique monopasse.....	5
4.3 Symbole pour les caractéristiques de résistance à la flexion par choc du métal fondu hors dilution ou du joint soudé.....	5
4.4 Symbole pour la composition chimique du métal fondu hors dilution.....	7
4.5 Symbole pour le type de fourrage du fil-électrode ou pour les caractéristiques d'usabilité du fil-électrode.....	10
4.6 Symbole pour le gaz de protection.....	10
4.7 Symbole pour la position de soudage.....	13
4.8 Symbole pour la teneur en hydrogène du métal déposé.....	13
4.9 Symbole pour la condition de traitement thermique après soudage pour le métal fondu hors dilution.....	14
5 Essais mécaniques	14
5.1 Technique multipasse.....	14
5.1.1 Températures de préchauffage et entre passes.....	14
5.1.2 Exigences relatives aux procédures pour les pièces d'essai en soudage multipasse.....	16
5.1.3 Condition de traitement thermique après soudage.....	16
5.2 Technique monopasse.....	17
6 Analyse chimique	17
7 Méthode d'arrondissement	17
8 Essai pour soudures d'angle	17
9 Contre-essais	18
10 Conditions techniques de livraison	18
11 Exemples de désignation	19
Annexe A (informative) Systèmes de classification	23
Annexe B (informative) Description des types de fourrage dans le système de classification d'après la limite d'élasticité et l'énergie de rupture moyenne de 47 J	26
Annexe C (informative) Description des types de caractéristiques d'usabilité dans le système de classification d'après la résistance à la traction et l'énergie de rupture moyenne de 27 J	28
Annexe D (informative) Notes sur la teneur en hydrogène	31

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).

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. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/brevets).

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 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'OMC concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: [Avant-propos — Informations supplémentaires](http://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/15898d65-cbc0-4679-ab26-2ddf709d1145/iso-17632-2015).

Le comité chargé de l'élaboration du présent document est l'ISO/TC 44, *Soudage et techniques connexes*, sous-comité SC 3, *Produits consommables pour le soudage*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 17632:2004), qui a fait l'objet d'une révision technique.

Il convient d'adresser les demandes d'interprétation officielle de tout aspect de la présente Norme internationale au secrétariat de l'ISO/TC 44/SC 3, via votre organisme national de normalisation; une liste complète des organismes nationaux de normalisation peut être obtenue à l'adresse www.iso.org.

Introduction

La présente Norme internationale fournit un système de classification permettant de désigner les fils-électrodes fourrés d'après la résistance à la traction, la résistance à la flexion par choc, la composition chimique du métal fondu hors dilution, le type de fourrage, le gaz de protection et la position de soudage. Le rapport entre la limite d'élasticité et la résistance à la traction du métal fondu est généralement plus élevé que celui du métal de base. Il convient que les utilisateurs notent qu'une bonne correspondance des limites d'élasticité du métal fondu et du métal de base ne garantit pas nécessairement que la résistance à la traction du métal fondu correspondra à celle du métal de base. Ainsi, lorsque l'application exige la correspondance de la résistance à la traction, le produit consommable est choisi en référence à la colonne 3 du [Tableau 1A](#) ou du [Tableau 1B](#).

Il convient de noter que les caractéristiques mécaniques des éprouvettes en métal fondu hors dilution utilisées pour classer les fils-électrodes diffèrent de celles obtenues sur des assemblages réalisés en production, à cause des différences dans le mode opératoire de soudage telles que le diamètre du fil-électrode, la largeur du balayage, la position de soudage et la composition chimique du métal de base.

La classification suivant le système A est principalement basée sur l'EN 758:1997. La classification suivant le système B est principalement basée sur les normes utilisées dans la zone Pacifique.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 17632:2015](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f5898d65-cbc0-4b79-ab28-2ddf09d1145/iso-17632-2015>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 17632:2015

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f5898d65-cbc0-4b79-ab28-2ddf709d1145/iso-17632-2015>

Produits consommables pour le soudage — Fils-électrodes fourrés pour soudage à l'arc avec ou sans gaz de protection des aciers non alliés et des aciers à grains fins — Classification

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie les exigences relatives à la classification des fils-électrodes fourrés pour soudage à l'arc avec ou sans gaz de protection pour l'état brut de soudage ou pour l'état traité thermiquement après soudage des aciers non alliés et des aciers à grains fins, ayant une limite d'élasticité minimale pouvant atteindre 500 MPa ou une résistance à la traction minimale pouvant atteindre 570 MPa. Un fil-électrode peut, le cas échéant, être essayé et classifié avec différents gaz de protection.

La présente Norme internationale propose une spécification mixte permettant une classification utilisant un système basé soit sur la limite d'élasticité et l'énergie de rupture moyenne de 47 J pour le métal fondu hors dilution, soit sur la résistance à la traction et l'énergie de rupture moyenne de 27 J pour le métal fondu hors dilution.

- 1) Les paragraphes et les tableaux qui portent le suffixe «A» ne sont applicables qu'aux fils-électrodes classifiés d'après le système basé sur la limite d'élasticité et l'énergie de rupture moyenne de 47 J pour le métal fondu hors dilution conformément à la présente Norme internationale.
- 2) Les paragraphes et les tableaux qui portent le suffixe «B» ne sont applicables qu'aux fils-électrodes classifiés d'après le système basé sur la résistance à la traction et l'énergie de rupture moyenne de 27 J pour le métal fondu hors dilution conformément à la présente Norme internationale.
- 3) Les paragraphes et les tableaux qui ne portent ni le suffixe «A» ni le suffixe «B» sont applicables à tous les fils-électrodes classifiés conformément à la présente Norme internationale.

Il est connu que les caractéristiques d'emploi d'un fil-électrode fourré peuvent être modifiées par l'utilisation de courant pulsé mais, pour les besoins de la présente Norme internationale, l'utilisation de courant pulsé pour la détermination de la classification d'un fil-électrode n'est pas autorisée.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 544, *Produits consommables pour le soudage — Conditions techniques de livraison des matériaux d'apport et des flux — Type de produit, dimensions, tolérances et marquage*

ISO 3690, *Soudage et techniques connexes — Détermination de la teneur en hydrogène dans le métal fondu pour le soudage à l'arc*

ISO 6847, *Produits consommables pour le soudage — Exécution d'un dépôt de métal fondu pour l'analyse chimique*

ISO 6947, *Soudage et techniques connexes — Positions de soudage*

ISO 13916, *Soudage — Lignes directrices pour le mesurage de la température de préchauffage, de la température entre passes et de la température de maintien du préchauffage*

ISO 14175, *Produits consommables pour le soudage — Gaz et mélanges gazeux pour le soudage par fusion et les techniques connexes*

ISO 14344, *Produits consommables pour le soudage — Approvisionnement en matériaux d'apport et flux*

ISO 15792-1:2000, *Produits consommables pour le soudage — Méthodes d'essai — Partie 1: Méthodes d'essai pour les éprouvettes de métal fondu hors dilution pour le soudage de l'acier, du nickel et des alliages de nickel*. Amendé par ISO 15792-1:2000/Amd 1:2011

ISO 15792-2:2000, *Produits consommables pour le soudage — Méthodes d'essai — Partie 2: Préparation d'éprouvettes en une ou deux passes en acier*

ISO 15792-3, *Produits consommables pour le soudage — Méthodes d'essai — Partie 3: Évaluation de l'aptitude au soudage en position et de la pénétration en racine des produits consommables pour les soudures d'angle*

ISO 80000-1:2009, *Grandeurs et unités — Partie 1: Généralités*. Corrigé par ISO 80000-1:2009/Cor 1:2011

3 Classification

Les désignations classifiées sont basées sur deux méthodes pour indiquer les caractéristiques de traction et de résistance à la flexion par choc du métal fondu hors dilution obtenues avec un fil-électrode donné. Les deux méthodes de désignation comportent des indicateurs supplémentaires pour certaines autres exigences de classification, mais pas toutes, comme il sera précisé ci-après. Dans la plupart des cas, un produit commercial donné peut être classifié dans les deux systèmes. Il est alors possible d'utiliser pour le produit l'un des deux systèmes, ou les deux. Voir Annexe A.

Cette classification englobe les caractéristiques du métal fondu hors dilution obtenu avec un couple fil-électrode fourré et gaz de protection adéquat dans les conditions précisées ci-après. À l'exception du symbole relatif à la position de soudage qui est basé sur l'ISO 15792-3-3, la classification est basée sur un diamètre du fil-électrode fourré avec gaz de protection de 1,2 mm ou, dans le cas où cette dimension n'est pas fabriquée, sur le diamètre fabriqué immédiatement supérieur, tandis que la classification d'un fil-électrode fourré sans gaz de protection est basée sur un diamètre de 2,4 mm ou, dans le cas où cette dimension n'est pas fabriquée, sur le plus grand des diamètres fabriqués s'ils sont inférieurs à 2,4 mm.

3.1A Classification d'après la limite d'élasticité et l'énergie de rupture de 47 J

La classification est divisée en huit parties:

- 1) la première partie (T) indique un fil-électrode fourré;
- 2) la deuxième partie donne le symbole de la résistance et de l'allongement du métal fondu hors dilution pour la technique multipasse ou la résistance du matériau de base utilisé dans la classification pour la technique monopasse (voir [Tableau 1A](#) ou [Tableau 2A](#));
- 3) la troisième partie donne le symbole de la résistance à la flexion par choc du métal fondu hors dilution (voir [Tableau 3](#));

3.1B Classification d'après la résistance à la traction et l'énergie de rupture de 27 J

La classification est divisée en neuf parties:

- 1) la première partie (T) indique un fil-électrode fourré;
- 2) la deuxième partie donne le symbole de la résistance et de l'allongement du métal fondu hors dilution pour la technique multipasse ou la résistance du matériau de base utilisé dans la classification pour la technique monopasse (voir [Tableau 1B](#) ou [Tableau 2B](#));
- 3) la troisième partie donne le symbole de la résistance à la flexion par choc du métal fondu hors dilution (voir [Tableau 3](#)). Le symbole «U» ajouté en tant qu'indicateur supplémentaire facultatif après ou vers la fin de la désignation complète indique que le dépôt satisfait à une exigence moyenne optionnelle de 47 J à la température désignée de l'essai de flexion par choc;

4) la quatrième partie donne le symbole de la composition chimique du métal fondu hors dilution (voir [Tableau 4A](#));

5) la cinquième partie donne le symbole du type de fourrage (voir [Tableau 5A](#));

6) la sixième partie donne le symbole du gaz de protection (voir [4.6](#));

7) la septième partie donne le symbole de la position de soudage (voir [Tableau 6A](#));

8) la huitième partie donne le symbole de la teneur en hydrogène du métal déposé (voir [Tableau 7](#)).

4) la quatrième partie donne un symbole indiquant les caractéristiques d'usabilité du fil-électrode (voir [Tableau 5B](#));

5) la cinquième partie donne le symbole de la position de soudage (voir [Tableau 6B](#));

6) la sixième partie donne le symbole du gaz de protection (voir [4.6](#)). La lettre «S» ajoutée à la désignation indique que le fil-électrode est classifié suivant la technique monopasse;

7) la septième partie donne un symbole indiquant si les essais de classification ont été réalisés à l'état brut de soudage (A) ou à l'état traité thermiquement après soudage (P). Si le fil-électrode a été classifié pour chacun des deux états, le symbole AP doit être ajouté à la classification. Ce symbole ne figure pas dans la classification pour les fils-électrodes de soudage monopasse du fait qu'ils sont essayés uniquement à l'état brut de soudage;

8) la huitième partie donne le symbole de la composition chimique du métal fondu hors dilution (voir [Tableau 4B](#)). Le symbole ne figure pas pour le métal déposé conforme à la condition «Pas de symbole» du [Tableau 4B](#);

9) la neuvième partie donne le symbole de la teneur en hydrogène du métal déposé (voir [Tableau 7](#)).

Les fils-électrodes peuvent être classifiés suivant un nombre quelconque de classifications à l'état brut de soudage, à l'état traité thermiquement après soudage ou pour les deux états.

Dans les deux systèmes, la classification du fil-électrode doit inclure toute section obligatoire et peut inclure les sections facultatives comme indiqué ci-après.

3.2A Section obligatoire et section facultative dans la classification d'après la limite d'élasticité et l'énergie de rupture de 47 J

a) Section obligatoire

Cette section comprend les symboles du type de produit, de la résistance et de l'allongement, de la résistance à la flexion par choc, de la composition chimique, du type de fourrage et du gaz de protection, c'est-à-dire les symboles définis en [4.1](#), [4.2.1A](#), [4.2.2](#), [4.3A](#), [4.4](#), [4.5A](#) et [4.6](#).

3.2B Section obligatoire et section facultative dans la classification d'après la résistance à la traction et l'énergie de rupture de 27 J

a) Section obligatoire

Cette section comprend les symboles du type de produit, de la résistance et de l'allongement à l'état brut de soudage ou à l'état traité thermiquement après soudage, des positions de soudage pour lesquelles le fil-électrode est utilisable, des caractéristiques d'usabilité, du gaz de protection, de la résistance à la flexion par choc et de la composition chimique, c'est-à-dire les symboles définis en [4.1](#), [4.2.1B](#), [4.2.2](#), [4.3B](#), [4.4](#), [4.5B](#), [4.6](#), [4.7](#) et [4.9B](#).

b) Section facultative

Cette section comprend les symboles des positions de soudage pour lesquelles le fil-électrode est utilisable, et de la teneur en hydrogène, c'est-à-dire les symboles définis en [4.7](#) et [4.8](#).

b) Section facultative

Cette section comprend le symbole «U» pour indiquer que le métal fondu aura une énergie de rupture moyenne de 47 J à la température d'essai de classification et le symbole de la teneur en hydrogène, c'est-à-dire le symbole «U» défini en [4.3B](#) et les symboles définis en [4.8](#).

La désignation complète doit comprendre les symboles obligatoires et peut inclure des symboles facultatifs choisis par le fabricant. La désignation complète (voir [Article 10](#)) doit être utilisée sur les emballages et dans la documentation commerciale et les fiches techniques du fabricant.

4 Symboles et exigences

4.1 Symbole du produit et/ou du procédé

Le symbole du fil-électrode fourré utilisé pour le procédé de soudage à l'arc est la lettre T.

4.2 Symbole pour les caractéristiques de traction du métal fondu hors dilution ou du joint soudé

4.2.1 Technique multipasse

4.2.1A Classification d'après la limite d'élasticité et l'énergie de rupture de 47 J

Pour les produits utilisables en soudage monopasse et multipasse, le symbole donné par le [Tableau 1A](#) indique la limite d'élasticité, la résistance à la traction et l'allongement du métal fondu hors dilution à l'état brut de soudage déterminés conformément à [5.1A](#).

4.2.1B Classification d'après la résistance à la traction et l'énergie de rupture de 27 J

Pour les produits utilisables en soudage monopasse et multipasse, le symbole donné par le [Tableau 1B](#) indique la limite d'élasticité, la résistance à la traction et l'allongement du métal fondu hors dilution à l'état brut de soudage ou à l'état traité thermiquement après soudage déterminés conformément à [5.1B](#).

ITeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 17632:2015

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5578165-6000-4b75-a020-1145/iso-17632-2015>

La classification des produits utilisables aussi bien en soudage monopasse qu'en soudage multipasse n'exige pas l'essai en soudage monopasse défini en 5.2.

Tableau 1A — Symbole pour les caractéristiques de traction pour la technique multipasse

(Classification d'après la limite d'élasticité et l'énergie de rupture de 47 J)

Symbole	Limite d'élasticité minimale ^a MPa	Résistance à la traction MPa	Allongement minimal ^b %
35	355	440 à 570	22
38	380	470 à 600	20
42	420	500 à 640	20
46	460	530 à 680	20
50	500	560 à 720	18

^a Lorsqu'un écoulement se produit, la limite d'élasticité utilisée doit être la limite inférieure d'écoulement (R_{eL}); dans le cas contraire, c'est la limite apparente d'élasticité à 0,2 % ($R_{p0,2}$).

^b La longueur entre repères est égale à cinq fois le diamètre de l'éprouvette.

Tableau 1B — Symbole pour les caractéristiques de traction pour la technique multipasse

(Classification d'après la résistance à la traction et l'énergie de rupture de 27 J)

Symbole	Limite d'élasticité minimale ^a MPa	Résistance à la traction MPa	Allongement minimal ^b %
43	330	430 à 600	20
49	390	490 à 670	18
55	460	550 à 740	17
57	490	570 à 770	17

^a Lorsqu'un écoulement se produit, la limite d'élasticité utilisée doit être la limite inférieure d'écoulement (R_{eL}); dans le cas contraire, c'est la limite apparente d'élasticité à 0,2 % ($R_{p0,2}$).

^b La longueur entre repères est égale à cinq fois le diamètre de l'éprouvette.

ISO 17632:2015

4.2.2 Technique monopasse

Pour les fils-électrodes utilisables uniquement en soudage monopasse, le symbole du [Tableau 2A](#) ou du [Tableau 2B](#) indique la résistance du joint soudé à l'état brut de soudage en liaison avec le matériau de base utilisé lors des essais monopasse ayant donné des résultats entièrement satisfaisants conformément à [5.2](#)

Tableau 2A — Symbole pour les caractéristiques de traction en technique monopasse
(Classification d'après la limite d'élasticité et l'énergie de rupture de 47 J)

Symbole	Limite d'élasticité minimale du matériau de base MPa	Résistance à la traction minimale du joint soudé MPa
3T	355	470
4T	420	520
5T	500	600

Tableau 2B — Symbole pour les caractéristiques de traction en technique monopasse
(Classification d'après la résistance à la traction et l'énergie de rupture de 27 J)

Symbole	Résistance à la traction minimale du matériau de base et du joint soudé MPa
43	430
49	490
55	550
57	570

4.3 Symbole pour les caractéristiques de résistance à la flexion par choc du métal fondu hors dilution ou du joint soudé

4.3A Classification d'après la limite d'élasticité et l'énergie de rupture de 47 J

4.3B Classification d'après la résistance à la traction et l'énergie de rupture de 27 J

Le symbole du [Tableau 3](#) indique la température à laquelle une énergie de rupture de 47 J est obtenue dans les conditions données en [5.1A](#) ou [5.2](#). Trois éprouvettes doivent être soumises aux essais. Une seule valeur individuelle peut être inférieure à 47 J, sans pouvoir être inférieure à 32 J.

Le symbole du [Tableau 3](#) indique la température à laquelle une énergie de rupture de 27 J est obtenue à l'état brut de soudage ou à l'état traité thermiquement après soudage, dans les conditions données en [5.1B](#) ou [5.2](#). Cinq éprouvettes doivent être soumises à l'essai. Les valeurs maximales et minimales doivent être ignorées. Deux des trois valeurs restantes doivent être supérieures au niveau spécifié de 27 J, l'une d'entre elles pouvant être en dessous de cette valeur sans être inférieure à 20 J. La moyenne des trois valeurs restantes doit être au moins égale à 27 J. Lorsque l'indicateur supplémentaire facultatif « U » est utilisé pour indiquer que le métal déposé doit satisfaire à une exigence d'énergie de rupture par choc minimale de 47 J à la température d'essai, trois éprouvettes supplémentaires doivent être soumises à l'essai. L'énergie de rupture doit être déterminée par la moyenne des trois éprouvettes. La moyenne des trois valeurs doit être égale ou supérieure à 47 J. Une seule valeur individuelle peut être inférieure à 47 J sans être inférieure à 32 J.

Lorsqu'un métal fondu hors dilution a été classifié à une température donnée, cette classification couvre automatiquement toute température supérieure du [Tableau 3](#).

NOTE L'essai de flexion par choc n'est pas exigé pour classifer des fils-électrodes en technique monopasse.

Tableau 3 — Symbole pour les caractéristiques de résistance à la flexion par choc du métal fondu hors dilution ou du joint soudé

Symbole	Température pour une énergie de rupture moyenne minimale de 47J ^{a, b} ou de 27J ^c °C
Z ^a	Aucune exigence
Ab ou Yc	+ 20
0	0
2	- 20
3	- 30
4	- 40
5	- 50
6	- 60
7	- 70
8	- 80
9	- 90
10	- 100
^a	Seul le symbole Z est utilisé pour les fils-électrodes en technique monopasse.
^b	Classification d'après la limite d'élasticité et l'énergie de rupture de 47 J.
^c	Classification d'après la résistance à la traction et l'énergie de rupture de 27 J.