
**Directives pour la spécification des prescriptions
d'énergie de rupture sur éprouvette Charpy à
entaille en V dans les normes d'acier**

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)
Guidelines for specifying Charpy V-notch impact prescriptions in steel specifications

ISO/TR 7705:1991

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0fde4222-427f-4306-a454-61400e252d84/iso-tr-7705-1991>



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.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales, mais, exceptionnellement, un comité technique peut proposer la publication d'un rapport technique de l'un des types suivants:

- type 1, lorsque, en dépit de maints efforts, l'accord requis ne peut être réalisé en faveur de la publication d'une Norme internationale;
- type 2, lorsque le sujet en question est encore en cours de développement technique ou lorsque, pour toute autre raison, la possibilité d'un accord pour la publication d'une Norme internationale peut être envisagée pour l'avenir mais pas dans l'immédiat;
- type 3, lorsqu'un comité technique a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales (ceci pouvant comprendre des informations sur l'état de la technique, 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 afin de décider éventuellement de leur transformation en Normes internationales. Les rapports techniques du type 3 ne doivent pas nécessairement être révisés avant que les données fournies ne soient plus jugées valables ou utiles.

L'ISO/TR 7705, rapport technique du type 2, a été élaboré par le comité technique ISO/TC 17, *Acier*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO/TR 7705:1983), qui a fait l'objet d'une révision technique.

L'essai de flexion par choc sur éprouvette Charpy à entaille en V est couramment utilisé comme moyen d'évaluation de la ténacité et de la

© ISO 1991

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

fragilité à la rupture dans les normes de produits en acier. Il est également considéré comme un bon moyen de vérification de la santé du matériau.

Les prescriptions de l'essai de flexion par choc ont donc été incorporées à de nombreuses normes ISO dont les sous-comités du TC 17 sont responsables.

Le Rapport technique ISO/TR 7705 a été publié en 1983 pour donner des recommandations sur la manière de spécifier les caractéristiques d'énergie de rupture dans les normes ISO de produits en acier, compte tenu du fait que les caractéristiques étaient encore à l'étude.

Au moment de la révision triennale en 1986, il a été décidé, à une majorité des membres P du TC 17, de réviser le Rapport technique 7705 en fonction des commentaires reçus.

L'annexe A fait partie intégrante du présent Rapport technique.

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

[ISO/TR 7705:1991](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0fde4222-427f-4306-a454-61400e252d84/iso-tr-7705-1991)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0fde4222-427f-4306-a454-61400e252d84/iso-tr-7705-1991>

Page blanche

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO/TR 7705:1991

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0fde4222-427f-4306-a454-61400e252d84/iso-tr-7705-1991>

Directives pour la spécification des prescriptions d'énergie de rupture sur éprouvette Charpy à entaille en V dans les normes d'acier

1 Domaine d'application

Le présent Rapport technique contient des recommandations sur la manière de spécifier les prescriptions d'énergie de rupture sur éprouvette Charpy à entaille en V dans les normes d'acier.

Des extraits de l'ISO 148, l'ISO 404, l'ISO/R 442 et de l'ISO 3785 indiquées à l'article 2 sont donnés en annexe A.

2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour le présent Rapport technique. 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 le présent Rapport technique 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 des Normes internationales en vigueur à un moment donné.

ISO 148:1983, *Acier — Essai de résilience Charpy (entaille en V)*.

ISO 404:1981, *Acier et produits sidérurgiques — Conditions générales techniques de livraison*.

ISO/R 442:1965, *Vérification des machines d'essai par choc (moutons-pendules) pour l'essai des aciers*.

ISO 630:1980, *Aciers de construction métallique*.

ISO 683-1:1987, *Aciers pour traitement thermique, aciers alliés et aciers pour décolletage — Partie 1: Aciers corroyés non alliés et faiblement alliés à durcissement par trempe directe se présentant sous la forme de différents produits noirs*.

ISO 2604-4:1975, *Produits en acier pour appareils à pression — Spécifications de qualité — Partie 4: Tôles*.

ISO 3785:1976, *Acier — Désignation des axes des éprouvettes*.

ISO 4950-2:1981, *Produits plats en acier à haute limite d'élasticité — Partie 2: Produits livrés à l'état normalisé ou de laminage contrôlé*.

ISO 4950-3:1981, *Produits plats en acier à haute limite d'élasticité — Partie 3: Produits livrés à l'état traité (trempé et revenu)*.

3 Caractéristiques générales de l'essai de flexion par choc sur éprouvettes Charpy à entaille en V

3.1 Méthodes d'essai de ténacité à la rupture dans les codes de construction et les spécifications des aciers

Les essais d'évaluation de la ténacité de l'acier se classent en deux catégories: les essais de ténacité sur éprouvette entaillée et les essais de ténacité à la rupture fondés sur la mécanique de la rupture.

Les essais de ténacité sur éprouvette entaillée servent à mesurer la capacité d'un matériau à absorber l'énergie et à se déformer plastiquement en présence d'une entaille pratiquée par voie mécanique. L'essai de flexion par choc sur éprouvette Charpy à entaille en V et l'essai par chute d'une masse sont deux exemples types d'essais à petite échelle servant à évaluer la ténacité avec entaille. Ils servent souvent aussi à déterminer la température de transition entre la phase ductile et la phase fragile d'un matériau et à donner une estimation qualitative de la ténacité de ce dernier. En raison de leur relativement bonne reproductibilité, et de leur faible

prix, ces méthodes sont les plus appropriées pour le contrôle de réception des livraisons d'acier.

Les essais de ténacité à la rupture du type CTOD sont des essais de la mécanique de rupture qui portent généralement sur la détermination des tailles critiques des fissures pouvant apparaître sans causer de rupture dans un matériau sollicité à un niveau spécifique. Les essais de mécanique de rupture sont très compliqués et coûteux à mettre en œuvre. Ils servent avant tout à déterminer le comportement du matériau dans une structure à des fins de sécurité, etc. Les essais de mécanique de rupture apparaissent donc principalement dans les codes de construction et non plus dans les normes d'acier.

C'est la raison pour laquelle les présentes directives qui intéressent les normes d'acier ne traitent que des essais de ténacité avec entaille.

3.2 Historique de l'essai de flexion par choc sur éprouvette Charpy à entaille en V

Lorsque les constructions soudées et notamment les constructions lourdes telles que ponts ou navires ont été mises au point à l'échelle industrielle, et lorsque les méthodes de fabrication ont exigé le soudage de segments lourds, le problème de la rupture fragile a pris une nouvelle dimension. Ce phénomène est devenu crucial durant la seconde guerre mondiale quand les Etats-Unis se sont mis à fabriquer des navires à coque soudée, notamment les navires du type Liberty et Victory, et ont subi un grand nombre de défaillances dues à la rupture fragile.

Une série d'essais a alors permis d'établir une relation empirique entre l'énergie de rupture sur éprouvette Charpy à entaille en V et les caractéristiques des ruptures en service. Ce que les Etats-Unis avaient commencé à être repris alors par l'Institut International de la Soudure (IIS) dont les recommandations et le système de classification des aciers se sont fondés sur la sensibilité à la rupture fragile au moment du soudage.

L'essai américain initial prescrivait une valeur d'énergie de rupture de 15 footpounds (ft-lb) pour une éprouvette normalisée de 10 mm × 10 mm à entaille en V, laquelle valeur a ensuite été portée à 20 ft-lb. La recommandation IIS convertit ce chiffre en unités métriques et rapporta la valeur d'énergie de rupture à une section sous entaille donnant un chiffre de 3,5 kg-m/cm² correspondant aux 20 ft-lb. Ces unités furent ultérieurement converties en unité SI et la référence à la section carrée est demeurée, ce qui donne comme équivalent de 20 ft-lb, 27 J.

Cette valeur de 27 J est généralement retenue aujourd'hui pour les aciers doux au carbone et au carbone-manganèse, alors que pour les aciers à résistance supérieure à la traction, c'est souvent 40 J (soit 30 ft-lb) qu'on utilise.

3.3 Comparaison de l'essai de flexion par choc sur éprouvette Charpy à entaille en V par rapport à d'autres essais

A l'origine, l'essai Charpy était réalisé sur un barreau à «trou de serrure» ou entaille en U, dans le but de vérifier la santé du matériau du point de vue de la propreté, du laminage et du traitement thermique. Lorsque dans les années 50 l'intérêt se porta sur le risque de rupture fragile des constructions soudées, on mit au point le barreau à entaille en V, parce que l'essai de résilience à entaille en V indique un comportement de transition plus clairement que l'essai de résilience à entaille en U.

A côté de l'essai sur éprouvette Charpy, d'autres méthodes d'essai ont également été utilisées, par exemple du type Mesnager, Izod, Schnadt, etc.

L'essai par chute d'une masse est un essai de matériau qui vise à mesurer la température maximale à laquelle un acier donné peut développer une rupture fragile. Certaines normes de matériaux pour plates-formes en mer prévoient d'adopter le matériau des tôles sur la base de cet essai, mais en général il ne sert qu'à titre indicatif. Il peut cependant être considéré comme une variante à l'essai de flexion par choc sur éprouvette Charpy à entaille en V.

En 1953, PELLINI a cherché à connaître l'utilité de l'essai Charpy en le comparant à un essai d'amorce de fissure par éclatement pour simuler les performances des aciers de haute qualité. C'est à cette occasion que PELLINI a proposé de remplacer l'énergie par choc antérieure de 15 ft-lb par une énergie de 20 ft-lb (27 J).

WELLS a également eu l'intention de simuler les conditions de service au point d'amorce d'une fissure par rupture fragile en recourant à ce qu'il a appelé l'essai de la tôle large. Cet essai, qui ne pouvait bien sûr pas servir à la réception des livraisons d'acier, visait à introduire dans une éprouvette de tôle de grandes dimensions les contraintes provenant également d'une soudure tout en tenant compte de l'épaisseur de tôle, du type de défaut, etc. Les résultats de cet essai montrent également une bonne corrélation avec les valeurs d'énergie de rupture sur éprouvette Charpy à entaille en V.

3.4 Facteurs affectant les valeurs d'énergie de rupture

Le comportement d'une structure en acier soumise à des chocs ne dépend pas uniquement du matériau employé. La liste qui suit indique certains des facteurs les plus importants du risque de rupture fragile des structures:

- épaisseur du matériau;
- état de contrainte;
- température;
- qualité d'acier;
- vitesse de charge;
- état de surface;
- contraintes résiduelles;
- limite apparente d'élasticité.

De même, si l'on considère l'essai de flexion par choc, qui est un moyen empirique de détermination de la sensibilité d'un matériau à la rupture fragile, il y a plusieurs facteurs qui influent sur les résultats de l'essai, les plus importants sont

- l'orientation de l'éprouvette;
- l'orientation de l'entaille;
- l'angle du fond de l'entaille;
- l'emplacement de l'éprouvette dans un produit;
- la qualité d'acier;
- le type de couteau de la machine d'essai.

Ce que l'on vient d'indiquer et d'autres raisons encore (notamment les potentiels de sécurité différents) empêchent de considérer les énergies de rupture ou les températures de transition déterminées dans les conditions bien déterminées d'un essai de flexion par choc comme déterminantes, sans d'autres considérations du point de vue des températures d'utilisation ou de l'épaisseur des matériaux employés.

3.5 L'essai de flexion par choc sur éprouvette Charpy à entaille en V comme puissant outil de contrôle de livraison dans les spécifications d'acier

Pourquoi utilise-t-on l'essai de flexion par choc sur éprouvette Charpy en V comme moyen d'expression de la ténacité et de la sensibilité à la rupture fragile dans les spécifications d'acier? La réponse est que l'essai de flexion par choc sur éprouvette Charpy à entaille en V est une méthode bon marché et facilement reproductible qui présente une corrélation technique empirique avec la sensibilité à la rupture fragile, et donc avec la soudabilité des aciers. C'est en outre un moyen de vérifier la santé interne d'un matériau soumis à un traitement thermique et à des contraintes en tension.

Des prescriptions relatives à ces essais ont donc été incluses dans bon nombre de normes ISO sur l'acier. L'objet du présent Rapport technique est d'indiquer les grandes lignes de la spécification de l'essai de flexion par choc dans les normes d'essai. Il n'est pas prévu de contraindre les différents sous-comités du TC 17 à inclure quoi que ce soit dans leurs normes, mais si celles-ci incluent des énergies de rupture, il leur est enjoint de tenir compte de cette recommandation de manière à avoir une philosophie comme au sein du TC 17.

4 Informations fournies par l'essai de flexion par choc

Quelles que soient les dimensions des éprouvettes, l'épaisseur du matériau et le type d'entaille, l'essai de flexion par choc effectué sur un matériau spécifié, d'épaisseur donnée, à différentes températures donne (sauf pour les aciers austénitiques) une courbe de l'énergie absorbée KV en fonction de la température (voir figure 1) qui peut se scinder en trois parties: une partie haute sur la plage des températures élevées, une partie basse sur la plage des basses températures et une zone de transition entre les deux. Cette courbe a également pour caractéristiques une dispersion relativement faible dans ses parties haute et basse, et une dispersion relativement élevée dans la zone de transition. C'est cette dispersion de valeurs qui a fait choisir une méthode de vérification de trois éprouvettes dont on fait une moyenne.

Les aciers inoxydables austénitiques présentent un aspect ductile même à très basse température, ce qui donne une courbe d'un niveau élevé même aux très basses températures (voir figure 2).

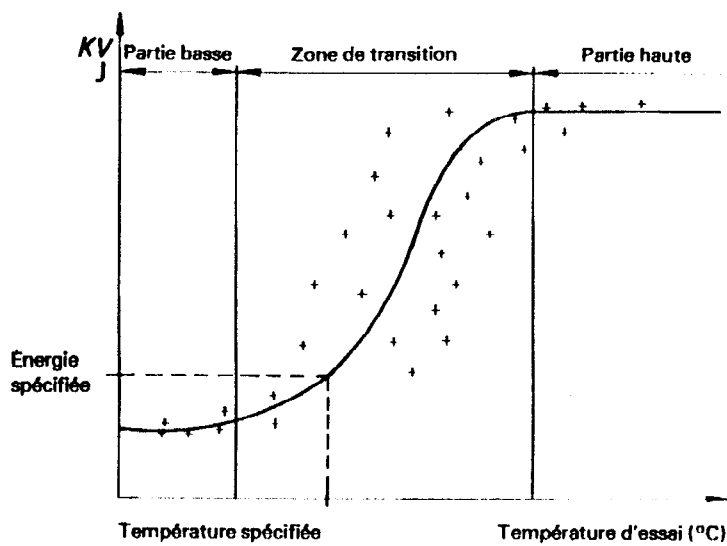


Figure 1

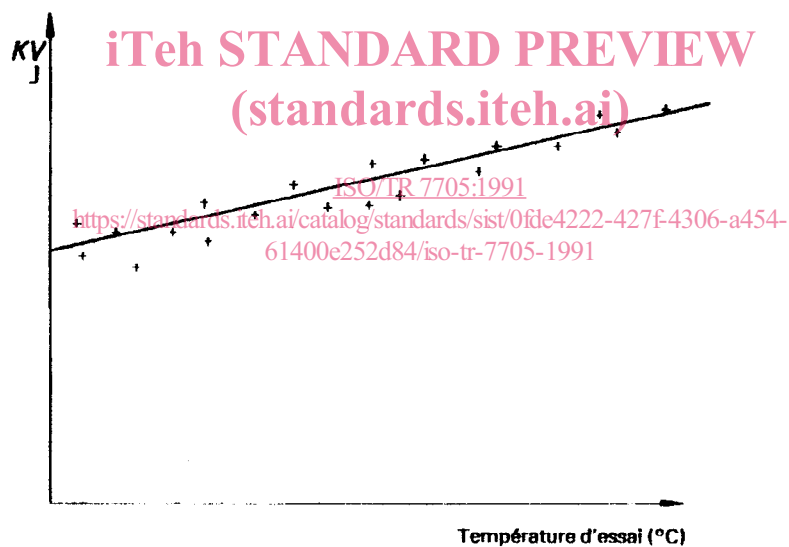


Figure 2

Le résultat de l'essai étant fonction de la géométrie de l'éprouvette, de l'épaisseur du matériau, etc., l'essai est effectué sur un barreau d'essai normalisé (10 mm × 10 mm, 7,5 mm × 10 mm, 5 mm × 10 mm) et un barreau d'essai de dimensions réduites ayant une épaisseur égale à celle du produit [voir 6.4 c)] et il est inutile de rapporter l'énergie de rupture à une section transversale. Le niveau d'énergie est donc défini en joules uniquement.

L'essai de flexion par choc est prescrit dans les normes d'acier pour les deux raisons suivantes.

- a) Pour vérifier indirectement la santé interne du matériau, compte tenu de sa propreté, du procédé de fabrication, du traitement thermique, etc.

L'essai est dans ce cas effectué à température ambiante et le niveau d'énergie de rupture revêt de l'importance.

- b) Pour classer un acier en fonction de sa sensibilité à la rupture fragile.

Ce qui est intéressant dans ce cas, c'est de voir si par l'essai on atteint la partie haute ou la partie basse de la courbe et, par ailleurs, où se

trouve la zone de transition par rapport à l'échelle des températures. Si le résultat d'essai se situe dans la partie haute de la courbe, on peut en conclure que la ténacité du matériau est bien meilleure que s'il se situe dans la partie basse. D'autre part, si pour un acier, la zone de transition correspond à une température très inférieure à celle qu'on observe pour un autre, on aura pour le premier acier des résultats d'essai de flexion par choc sur éprouvette Charpy situés dans la partie haute de la courbe pour des températures plus basses que pour le second, ce qui permettra de conclure que le premier est plus tenace et convient mieux aux constructions mécano-soudées ou devant résister à des températures inférieures.

L'information la plus importante que l'on puisse obtenir est donc la fourchette de températures où s'effectue la transition entre rupture ductile et rupture fragile. Les courbes normales d'énergie de rupture, en fonction de la température indiquent que l'énergie de rupture appropriée est de 27 J, mais qu'un niveau plus élevé peut se justifier pour les aciers à grains fins à haute limite d'élasticité (aciers à résistance élevée à la traction).

D'autres informations peuvent également s'avérer importantes, telles l'aspect de la rupture et la dilatation latérale mesurée après rupture.

On notera que l'énergie de rupture en flexion par choc n'est pas une propriété des matériaux en soi, une valeur plus élevée indiquant seulement qu'on a affaire à un matériau plus tenace lorsque la comparaison s'effectue entre deux matériaux de même qualité et de même épaisseur à condition que l'essai s'effectue sur des éprouvettes de mêmes dimensions, à la même température.

5 Éprouvette de dimensions réduites

L'éprouvette normalisée à entaille en V a une section transversale de 10 mm × 10 mm.

Les éprouvettes devant avoir une surface usinée avec une très bonne finition, il n'est pas possible de prélever des éprouvettes de 10 mm × 10 mm dans des tôles d'épaisseur inférieure à 12 mm ou sur des ronds de diamètre inférieur à 16 mm. Les acheteurs ont cependant souvent souhaité, notamment pour les tôles, pouvoir effectuer des essais de flexion par

choc sur des matériaux d'épaisseur inférieure à 12 mm et c'est la raison pour laquelle on a normalisé deux types d'éprouvettes à entaille en V de dimensions réduites, à savoir 5 mm × 10 mm et 7,5 mm × 10 mm.

Quand on essaie un matériau sur éprouvette de dimensions réduites (voir figure 3), il faut bien savoir que

- la zone de transition se situe plus bas, à une température inférieure par rapport aux éprouvettes ordinaires de 10 mm × 10 mm;
- le niveau supérieur d'énergie est réduit par rapport à celui des éprouvettes ordinaires de 10 mm × 10 mm.

De plus, il faut se rendre compte qu'il n'existe pas de rapport mathématique simple entre les résultats obtenus sur des éprouvettes de 10 mm × 10 mm et sur des éprouvettes de dimensions inférieures. Toutes les règles de transposition des valeurs de résilience sur éprouvettes de dimensions réduites à des valeurs sur éprouvettes normales sont donc scientifiquement fausses, bien qu'acceptables pour des raisons pratiques.

Il convient néanmoins d'observer ce qui suit:

- La différence entre un niveau d'énergie correct réduit et l'énergie rapportée à une réduction d'épaisseur est très faible, notamment en comparaison de la dispersion normale. Pour une éprouvette de 7,5 mm d'épaisseur la valeur de 75 % devient 80 % ce qui, rapporté à une valeur minimale de 27 J pour une éprouvette normale, donne une différence de 1,4 J.
- Sauf dans la fourchette de températures correspondant à un haut niveau d'énergie, il n'existe pas de formule simple pour rapporter l'énergie de rupture à l'épaisseur de l'éprouvette dans la zone de transition. Cela signifie que le calcul des valeurs minimales d'énergie de rupture des éprouvettes de dimensions réduites en proportion de l'épaisseur est une simplification.
- Toutes choses étant égales par ailleurs, lorsque l'épaisseur du produit diminue, le danger de rupture fragile diminue lui aussi, de telle sorte qu'un calcul avec 75 % et 50 % au lieu de 80 % et 60 % par exemple ne pose pas de problème.

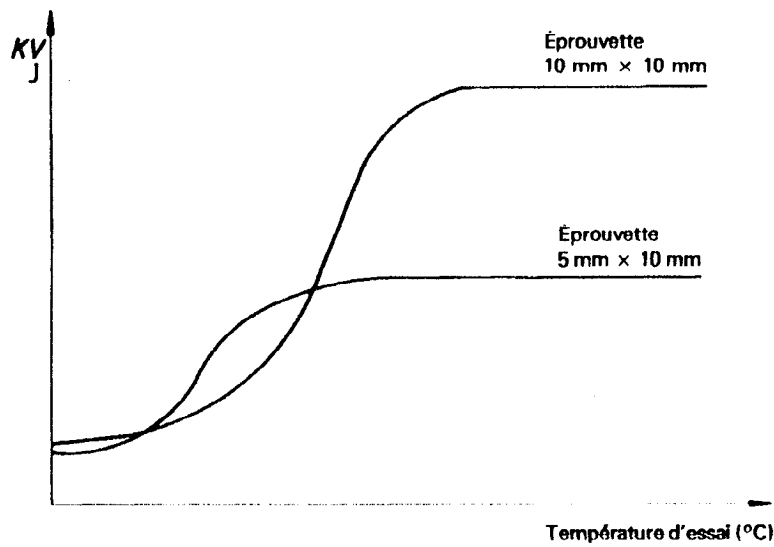


Figure 3

6 Recommandations de l'ISO/TC 17/GT 15 quant à la prescription de caractéristiques d'énergie de rupture dans les normes d'acier

6.1 Aciers de construction (ISO 630, ISO 4950-2, ISO 4950-3)

Les aciers de construction au carbone et au carbone-manganèse et les aciers normalisés ou

trempés et revenus, à grains fins, doivent être classés en fonction d'une fourchette de températures choisies: +20 °C; 0 °C; -20 °C; -40 °C, à laquelle peut être obtenue une valeur minimale donnée d'énergie absorbée. Cette valeur est généralement fixée à 27 J ou pour les aciers à haute limite d'élasticité ou à résistance élevée à la traction ($R_{e \text{ min}} = 355 \text{ N/mm}^2$) à 40 J. Ces valeurs se réfèrent à un essai sur éprouvette Charpy à entaille en V effectué dans le sens longitudinal, quelle que soit la forme du produit (voir tableau 1).

Tableau 1 — Recommandations relatives aux combinaisons de nuances, d'énergie et de température d'essai pour l'essai de flexion par choc sur éprouvette Charpy à entaille en V dans les normes d'acier

Application	Construction	Appareils à pression		Mécanique générale (machines)	
		Nuances RT ou ET sauf aciers à grains fins	a) Nuances RT ou ET aciers à grains fins b) Nuances LT		
Orientation de l'éprouvette 1)	longitudinale	transversale si possible (voir 6.2)			longitudinale
Niveau d'énergie de rupture recommandé, en J pour	272)	(x)3)	(40)	(x)	x
		y3)	272)	y	—
Température préférée d'essai (°C)	+ 20 0° - 20 - 40 - 60	+ 20	0° - 20 - 40 - 60 - 80 - 100 - 120 - 160 - 196	- 196	+ 20
			C, Mn	Aciers à grains fins nuances RT et ET aciers à grains fins, nuances LT	Aciers au Ni
Exemples des groupes d'aciers concernés	Acier trempé et revenu à grains fins	Aciers au C, CMn, Mo/CrMo			

1) «transversal» («longitudinal») signifie, pour les tubes, que l'axe longitudinal de l'éprouvette est perpendiculaire (parallèle) à l'axe longitudinal du tube. Dans tous les autres cas, cela signifie que l'axe longitudinal est perpendiculaire (parallèle) au sens d'écoulement du grain principal. Dans le cas des produits laminés, le sens du grain principal correspond à la direction du laminage final. Voir aussi ISO 3785.

2) Pour les aciers à haute résistance, une valeur d'énergie de 40 J peut s'avérer plus appropriée.

3) Les lettres x et y indiquent que les valeurs de niveau d'énergie de rupture sont laissées à l'appréciation des sous-comités chargés des matériaux en question. Les parenthèses indiquent des orientations non préférentielles.