

Offre inox ferritique KARA : nuance **K44**



Composition chimique

Éléments	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ti+Nb
%	0,015	0,50	0,30	17,70	1,85	0,45

Valeurs typiques

Désignation européenne	Désignation américaine
X2CrMoTi18-2 1. 4521 ⁽¹⁾	Type 444 ⁽²⁾

(1) Selon l'EN 10088-2

(2) Selon l'ASTM A 240

Cette nuance est conforme à :

- > La fiche de donnée sécurité Stainless Europe n°1 : aciers inoxydables (Directive européenne 2001 /58/EC).
- > La directive européenne 2000/53/EC relative aux véhicules hors d'usage et à son annexe II du 27 juin 2002.
- > La norme NFA 36 711 «Acier inox destinés à entrer au contact des denrées, produits et boissons pour l'alimentation de l'homme et des animaux» (hors emballage).
- > La NSF/ANSI 51 – 2009 édition internationale Standard pour «Matériaux pour équipements alimentaires» et celles de la F.D.A. (United States Food and Drug Administration) portant sur les matériaux utilisés en contact avec les aliments.
- > Le décret français n° 92-631 daté du 8 juillet 1992 et la Réglementation n° 1 935/2004 du Parlement européen et du conseil du 27 octobre 2004 sur les matériaux et articles prévus pour être au contact de la nourriture (et les directives abrogatoires 80/590/EEC et 89/109/EEC).
- > L'arrêté français en date du 13 janvier 1976 portant sur les matériaux et articles fabriqués en acier inoxydable entrant au contact des denrées alimentaires.
- > La norme EN 10028-7 « Produit plats en aciers pour appareils à pression ».

Caractéristiques générales

Les principales caractéristiques de notre nuance **K44** sont :

- > Une très bonne résistance à la corrosion par piqûres en milieu chloruré, supérieure à celle du 18-9L (1.4301, Type 304L) et du 18-11ML (1.4404, Type 316L).
- > Une insensibilité à la corrosion sous contrainte et intergranulaire.
- > Une basse température de transition γ compris en zone soudée.
- > Une bonne aptitude à l'emboutissage.
- > Une bonne soudabilité.
- > Une conductivité thermique supérieure à celle des nuances austénitiques et un coefficient de dilatation plus faible.

Applications

- > Industries agro-alimentaires.
- > Ballons d'eau chaude.
- > Chaudières.
- > Conduits de fumée.
- > Echangeurs.
- > Tubes sanitaires et pour l'industrie sucrière.
- > Panneaux solaires.
- > Cuisson et équipements de la restauration hors foyer.
- > Réservoirs d'eau.

Possibilités de livraison

Formes : tôles, flans, bobines, feuillards, disques.

Épaisseurs : 0,4 à 4,0 mm (autres épaisseurs : nous consulter).

Largeur : suivant épaisseur, nous consulter.

Finitions : laminé à froid, recuit brillant et glacé (autres finitions : nous consulter).

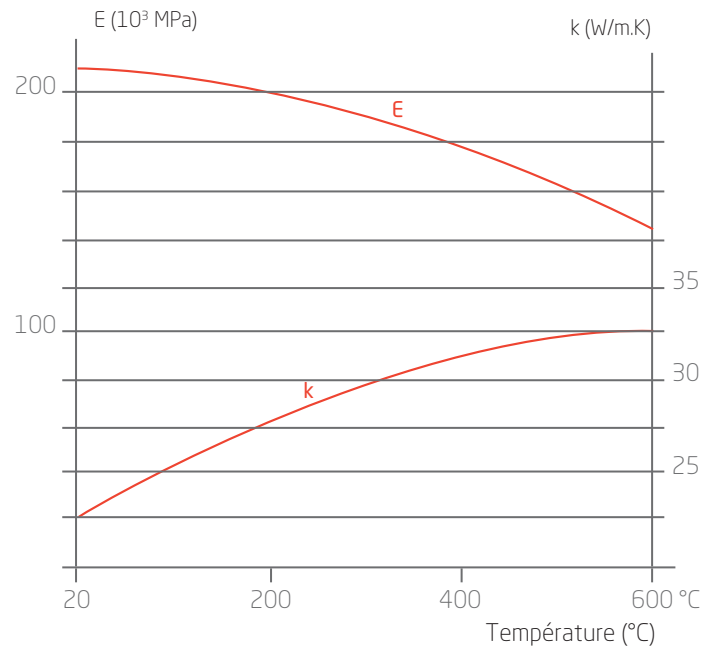
Caractéristiques physiques

Sur tôle laminée à froid. A l'état recuit (Valeurs typiques)

Densité	d	kg/dm ³	20 °C	7,7
Point de fusion		°C		1495
Chaleur spécifique	c	J/kg.K	20 °C	430
Conductivité thermique	k	W/m.K	20 °C	23
Coefficient moyen de dilatation linéique	α	10 ⁻⁶ /K	20-200 °C 20-400 °C 20-600 °C 20-800 °C	10,8 11,6 12,0 12,5
Résistivité électrique	ρ	Ω mm ² /m	20 °C	0,8
Perméabilité magnétique	μ	at 0,8 kA/m DC or AC	20 °C	800
Module de Young	E	MPa.10 ³	20 °C	220

Point de Curie : 650°C

La conductivité thermique du **K44** est supérieure à celle des austénitiques de type 304L - 316L. (k = 15W/m.°C) et le coefficient moyen de dilatation est plus faible ($\alpha=17.10^{-6}$ de 20°C à 200°C pour un 304L (18-9L) ou 316L (18-11ML).



Caractéristiques mécaniques

A l'état recuit

Selon la norme ISO 6892-1, part 1, éprouvette perpendiculaire au sens du laminage

Éprouvette

Lo = 80 mm (épaisseur < 3 mm)

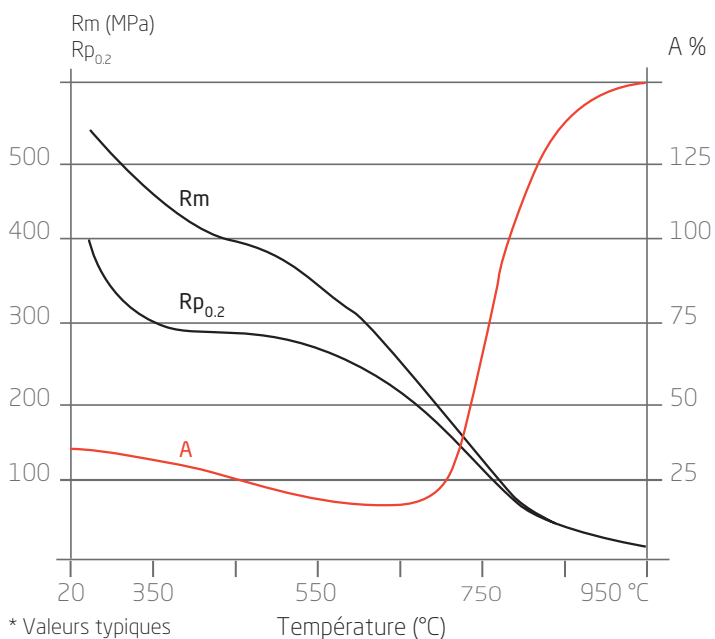
Lo = 5,65 √ So (épaisseur ≥ 3 mm)

Présentation	R _m ⁽¹⁾ (MPa)	R _{p0,2} ⁽²⁾ (MPa)	A ⁽³⁾ (%)	HRB
Laminé à froid*	520	370	29	84

* Valeurs typiques 1 MPa = 1 N/mm²

⁽¹⁾ Résistance à la traction ⁽²⁾ Limite d'élasticité ⁽³⁾ Allongement (A)

Aux températures élevées*



* Valeurs typiques

A 100°C, R_{p0,2} du **K44** est > 300MPa

Désignation	R _{p0,2} - 20°C (MPa)	R _{p0,2} - 100°C (MPa)
K44/444	370	330
304 (18-9E)	320	260
316L (18-11ML)	320	170

La limite d'élasticité des aciers ferritiques est plus élevée que celle des aciers austénitiques.

Comme toutes les nuances ferritiques, le **K44** est sensible à la fragilisation après une longue exposition à une température autour de 475 °C.

Il est important de prendre en compte cette caractéristique pour certains calculs de structure, pour les ballons d'eau chaude par exemple. En effet, cette supériorité de la limite d'élasticité à la température ambiante, subsiste aux hautes températures de fonctionnement rencontrées dans ce type d'application (ballons d'eau chaude) et elle permet pour les mêmes niveaux de contrainte appliquée, d'en limiter l'épaisseur.

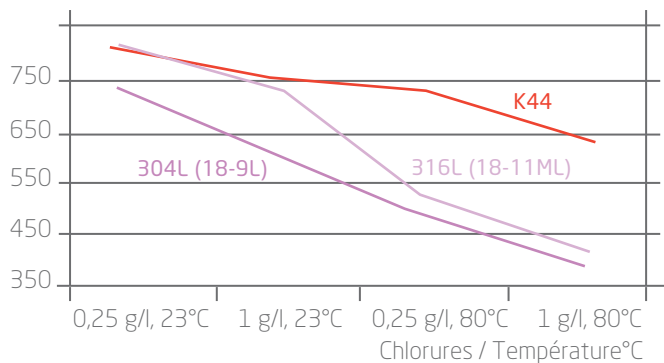
Les codes de construction des appareils à pression qui régissent leurs dimensionnement sont : les normes EN 13445, CODAP 2005, ASME VIII et DIN 44899.

Corrosion resistance

Résistance à la corrosion localisée

K44 présente une très bonne tenue à tous les types de corrosion grâce à sa teneur en Cr, en Mo et à sa bi-stabilisation au Nb et Ti. Son PREN* est de 24/25 traduisant une très bonne résistance à la corrosion par piqûres, meilleure que celle des aciers austénitiques de type 304 L, 316 L et 316 Ti.

Effet de la température et de la concentration en Cl⁻ sur la résistance à la corrosion par piqûres.



En brouillard salin

Après 2000h de test au Brouillard Salin, selon la norme NFX 41002, le **K44** à l'état 2B ou recuit brillant (2R) ne présente aucun signe de corrosion.

Corrosion intergranulaire

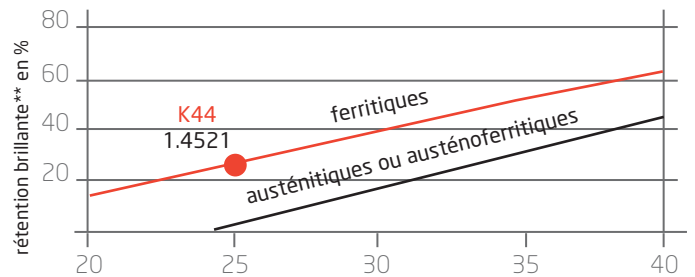
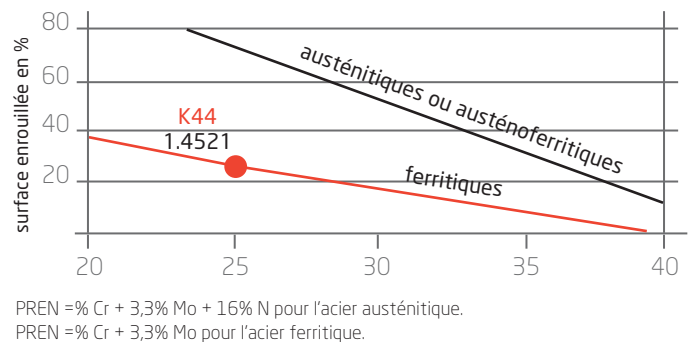
Le **K44** résiste bien à la corrosion intergranulaire (test Strauss) du fait de la stabilisation du carbone et de l'azote par ajout de titane et niobium. Du fait de la présence de molybdène et d'une forte teneur en chrome, des précipités (phases de Laves) peuvent apparaître après un chauffage entre 600 et 900°C.

Cette précipitation altère la résistance à la corrosion intergranulaire en milieu très oxydant (test de Huey) mais ne modifie pas son comportement dans le test habituel de l'essai Strauss. Dans le cas d'utilisation en conditions sévères un tel traitement thermique doit être évité.

*PREN = %Cr+3.3%Mo+16%N.

Corrosion atmosphérique

Des études récentes dans différents pays ont montré que les aciers inoxydables ferritiques ont une plus grande résistance à la corrosion atmosphérique que les aciers inoxydables austénitiques ou austéno-ferritiques (DUPLIX) de PREN équivalent. En particulier en ce qui concerne l'enrouillement et la permanence de la brillance.

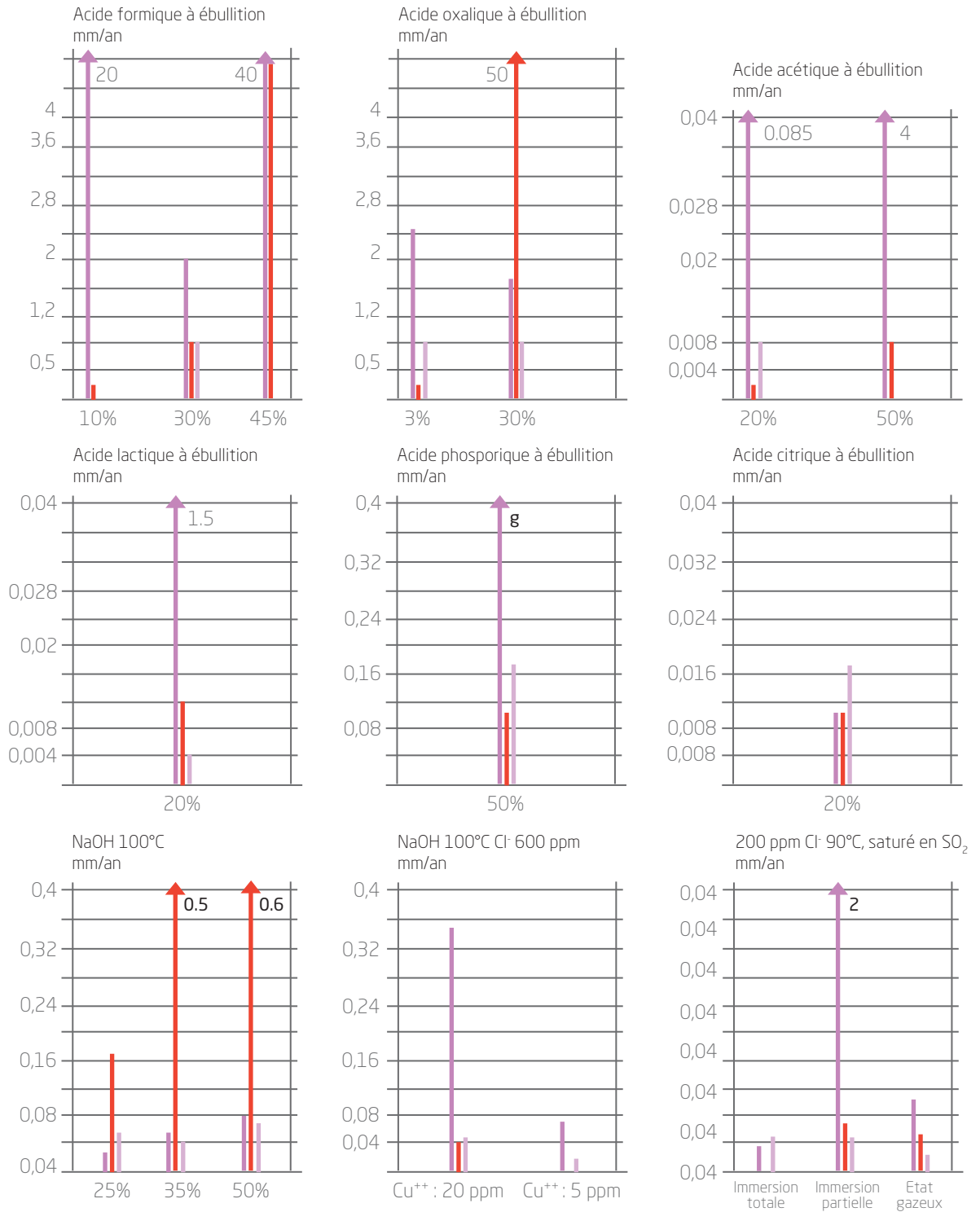


**Source : «Atmospheric Corrosion Resistance of High Cr ferritic Stainless Steels for Architectural Exterior Applications» Y. Yazawa, T. Ujira, K. Yamato, H. Kalto «Stainless steel 95», Düsseldorf 1996.

Corrosion acide

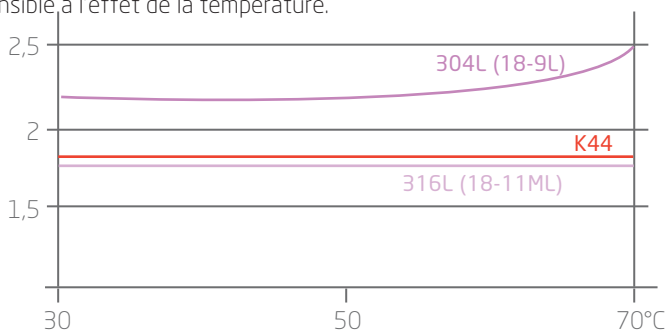
Bien que, de manière générale, la vitesse de corrosion soit plus élevée avec les aciers inoxydables ferritiques qu'avec les aciers inoxydables austénitiques de même teneur en molybdène, **K44** convient pour de nombreux acides minéraux ou organiques, voir ci-dessous. Il est d'autre part très résistant aux condensats de fumées de gaz (gaz de condensation) et est homologué pour les chaudières au fuel domestique haut rendement par le Centre Scientifique de Bâtiment (CSTB - France).

- K44
- 304L (18-9L)
- 316 (18-11ML)



Corrosion caverneuse

Grace au Mo, **K44** présente une bonne résistance à l'amorçage de la corrosion caverneuse, analogue à celle d'un acier austénitique 316L (18-11ML). Elle est évaluée par le pH de dépassivation dans une solution de NaCl 2M. Le pH est d'environ 1,8 et il est peu sensible à l'effet de la température.



Corrosion sous contrainte

Comme toutes les nuances ferritiques, **K44** est insensible à la corrosion sous contrainte. En eau de mer chaude, un échantillon maintenu à 95 % de sa limite élastique : pas de rupture après 3000 h.

Le temps de l'initiation de fissure (heures)

	304L (18-9L)	316L (18-11ML)	K44
42% MgCl ₂ bouillant	< 2	< 16	> 1700 pas de fissures
42 % CaCl ₂ à 100°C	< 25	< 75	> 1700 pas de fissures

Conformation

K44 se prête bien aux travaux courants de conformation à froid (pliage, profilage, cintrage, emboutissage, etc.). Nous conseillons de conformer tous les ferritiques y compris le K44 en favorisant le mode de déformation en rétreint (performance reflétée par le LDR) c'est à dire en laissant le métal être avalé en minimisant la force de serrage au juste nécessaire de façon à éviter l'apparition de plis.

Emboutissage en expansion (test Erichsen)

Appellation commerciale	Désignation européenne	ASTM A240	Flèche* (mm)
K44	1.4521	Type 444	8,6

* tôle d'épaisseur 0,8 mm.

Soudage

Notre nuance K44 est soudable par résistance par point ou à la molette, arc électrique, haute fréquence, laser et faisceau d'électrons.

Procédé de soudage	Sans apport	Avec apport		Gaz de protection*	
	Epaisseurs indicatives	Epaisseurs	Métal d'apport		* Hydrogène et azote prohibés dans tous les cas
			Baguettes	Fils	
Résistance : Point, Molette	≤ 2 mm				
TIG	< 1,5 mm	> 0,5 mm	G 19 12 3L ⁽¹⁾ ER 316L ⁽²⁾ n°1.4430 ⁽⁵⁾		Argon Argon + Helium
PLASMA	< 1,5 mm	> 0,5 mm		G 19 12 3L Si ⁽¹⁾ ER 316L Si ⁽²⁾ n°1.4430 ⁽⁵⁾	Argon Argon + Helium
MIG		> 0,8 mm		G 19 12 3L Si ⁽¹⁾ ER 316L Si ⁽²⁾ n°1.4430 ⁽⁵⁾	Argon + 2% CO ₂ Argon + 2% O ₂ Argon + 2% CO ₂ + Helium
Electrode		Réparation	E 19 12 3L ⁽³⁾ E 316L ⁽⁴⁾		
Laser	< 5 mm				Hélium Sous conditions : Argon

⁽¹⁾ Selon EN ISO 14343, ⁽²⁾ selon AWS A5.9, ⁽³⁾ selon EN 1600, ⁽⁴⁾ selon AWS A5.4, ⁽⁵⁾ selon VDEH

L'addition d'hydrogène ou d'azote dans l'argon est à proscrire car elle diminue la ductilité des soudures. Pour des raisons analogues, l'utilisation d'azote est interdite, celle du CO₂ limitée à 3 %. Pour limiter le grossissement du grain en ZAT, il convient d'éviter les énergies de soudage excessives. À titre d'exemple, en TIG automatique sans métal d'apport, pour une épaisseur de 1,5 mm, l'énergie de soudage ne dépassera pas 1,5 kJ/cm. Autre exemple, le MIG/MAG pulsé permettra de mieux contrôler la géométrie des cordons et la taille du grain (l'énergie de soudage est inférieure à celle utilisée en MIG conventionnel). Il n'est généralement pas nécessaire d'effectuer de traitement thermique après soudure. Les soudures doivent être décapées mécaniquement ou chimiquement et passivées après décapage. Le soudage au chalumeau oxyacétylénique est à proscrire.

Traitements

Polissage

Les aciers inoxydables ferritiques stabilisés en général et K44 en particulier sont aptes au polissage avec des bandes abrasives : polis 3 à 6. Cependant, du fait de leur teneur en stabilisants Ti, Nb... ils ne permettent pas d'obtenir de poli miroir de bonne qualité. Le polissage avec des abrasifs contenant des sels de fer est interdit. Dans le cas où l'acier inoxydable aura été pollué par du fer ou des sels ferreux, un traitement final de décontamination devra être effectué. Avant tout traitement thermique, le métal doit être soigneusement dégraissé.

Recuit

A 925°C après écrouissage, suivi d'un refroidissement à l'air, en aucun cas il ne faut dépasser 1000°C pour des traitements de longue durée (> 5 minutes).

Décapage

Mélange nitrique fluorhydrique (20% HNO₃ + 1% HF). Pâtes décapantes pour soudure.

Passivation / Décontamination

Bain d'acide nitrique de 20 à 25 % à froid. Pâtes passivantes pour cordons de soudure.

Emboutissage en rétreint (test Swift)

Appellation commerciale	Désignation européenne	ASTM A240	LDR* (mm)
K44	1.4521	Type 444	2,10-2,15

Pliage

Le pliage peut être à bloc (à 180°) pour les épaisseurs inférieures ou égales à 0,8 mm. Au-delà de 0,8 mm, le rayon de pliage doit être équivalent au moins à la moitié de l'épaisseur.