

# Jointts toriques

Source documentaire principale:

[http://www.tss.trelleborg.com/global/en/service/desing\\_support/oringcalculator\\_1/O-ringcalculator.html](http://www.tss.trelleborg.com/global/en/service/desing_support/oringcalculator_1/O-ringcalculator.html)

[http://www.tss.trelleborg.com/e-learning/en/O-Ring\\_Basics/story.html](http://www.tss.trelleborg.com/e-learning/en/O-Ring_Basics/story.html)

## Généralités

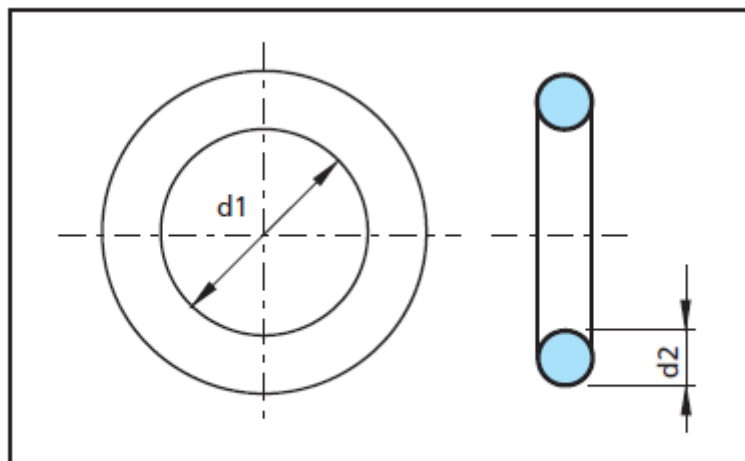


Figure 1 Dimensionnement des joints toriques

Un joints torique est caractérisé par son diamètre intérieur  $d1$  et son diamètre de tore  $d2$ .

Son faible coût de production et le large éventail de matières et de dimensions en font le joint d'étanchéité le plus utilisé. On peut créer des compositions d'élastomères pour étancher la quasi totalité des fluides, liquides ou gazeux et cela dans un domaine de température-pression très étendu.

Ses avantages principaux sont :

- conception simple de la gorge réduisant les coûts d'étude et d'essai, ainsi que les coûts de fabrication.
- Faible encombrement comparé à ses performances
- Large choix de matériaux, domaine d'application très étendu
- bien qu'à l'origine prévu pour des étanchéités statiques on le retrouve dans des étanchéités dynamiques et en simple ou double-effet
- installation et maintenance aisées, stock standard disponible partout.

Ses applications principales sont :

- Joint statique radial : douilles, couvercles, tuyaux, vérins, ...
- Joint statique axial : bride, plaque, bouchons, ...
- Joint dynamique pour des conditions de service modérées (vitesse, pression, température) pour des mouvements linéaires
- Joint dynamique sous des conditions restrictives : mouvements oscillants, tournants, hélicoïdaux lents.

## Principe de fonctionnement

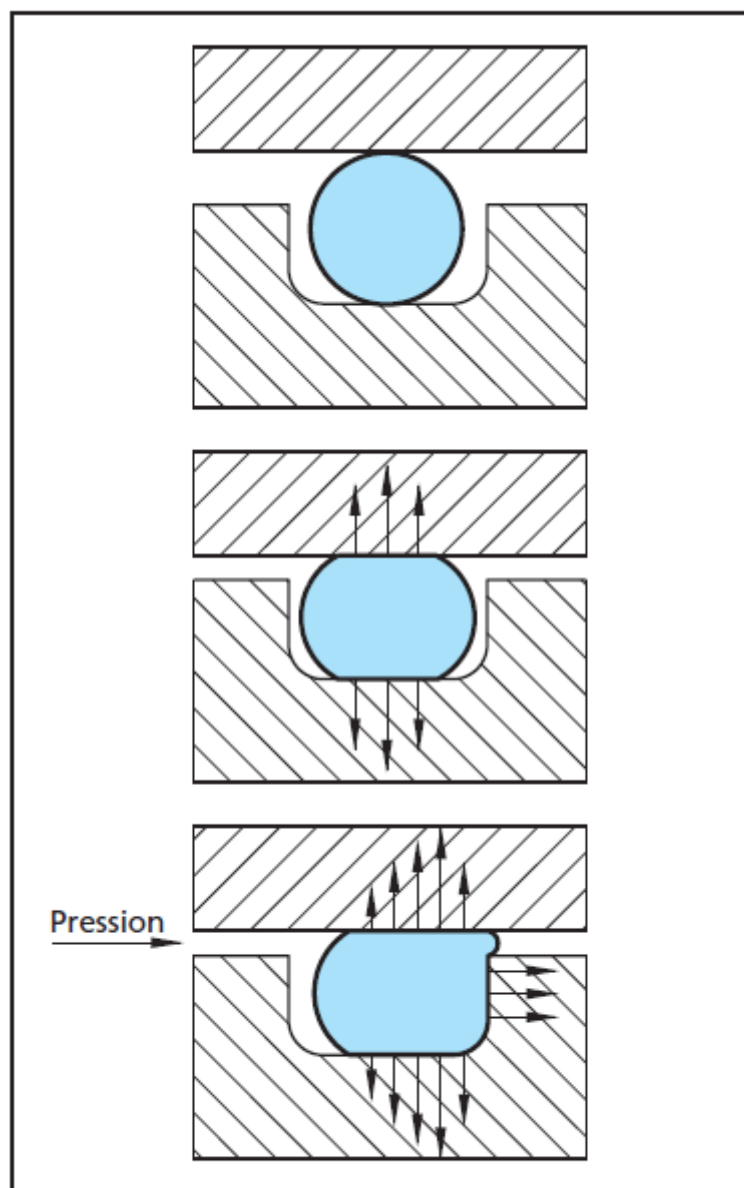


Figure 2 Forces d'étanchéité des joints toriques avec ou sans pression système

Sous l'effet de la pression, l'élastomère se conduit comme un fluide visqueux transmettant la pression dans toutes les directions. Il s'en suit des déformations comme illustrées sur les schémas ci-dessus.

Si la pression de service sur le joint excède sa limite élastique, il conservera une déformation permanente ou bien risque s'extruder en « coulant » au travers des jeux entre les pièces.

## Composants du joint

Le nombre de produits pour fabriquer les joints est très élevé sachant que les fabricants sont capables de produire un élastomère précis pour un cahier des charges donné. Cependant les grandes familles de composants de base sont en nombre restreints, même si le détail des variations est infini. Le tableau ci-dessous résume les principaux composants du marché et les marques déposées qui s'y accrochent.

On se souviendra que sans précision particulière le joint vendu sera le plus souvent en nitril-butadiène de dureté Shore 70

Les élastomères ont une plage d'utilisation limitée qui va dépendre :

- de la plage de température d'utilisation
- de la plage de pression de service
- de la présence d'oxygène ou d'ozone
- des fluides de service (huile, acides, solvants, ...)

Les élastomères peuvent alors gonfler, rétrécir, durcir, se fissurer, se déchirer.

Type d'élastomère	Marque*	Abréviation		
		ISO 1629	ASTM 1418	TSS
Nitrile-butadiène (caoutchouc nitrile)	Europrene® Krynac® Nipol N® Perbunan NT Breon®	NBR	NBR	N
Nitrile-butadiène hydrogéné HNBR	Therban® Zetpol®	HNBR	HNBR	H
Polyacrylate	Noxite® Hytemp® Nipol AR®	ACM	ACM	A
Chloroprène	Baypren® Neoprene®	CR	CR	WC
Ethylène-propylène-diène	Dutral® Keltan® Vistalon® Buna EP®	EPDM	EPDM	E
Silicone	Elastoseal® Rhodorsil® Silastic® Silopren®	VMQ	VMQ	S
Silicone fluoré	Silastic®	FVMQ	FVMQ	F
Copolymère de tétrafluoréthylène-propylène	Aflas®	FEPM	TFE / P**	WT
Butyle	Esso Butyl®	IIR	IIR	WI
Styrène-butadiène	Buna S® Europrene® Polysar S®	SBR	SBR	WB
Caoutchouc naturel		NR	WR	WR
Élastomère fluoré	Dai-EI® Fluorel® Tecnoflon® Viton®	FKM	FKM	V
Élastomère perfluoré	Isolast® Kalrez®	FFKM	FFKM	J

\* Sélection des marques déposées

\*\* Abréviation non encore normalisée.

ASTM = American Society for Testing and Materials

ISO = International Standards Organization

## **NBR**

- Bonnes propriétés mécaniques
- température de service -30 à +100°C
- principalement utilisé avec les huiles et graisses minérales

## **FKM**

- ininflammabilité, faible perméabilité aux gaz
- excellente résistance à l'oxygène et à l'ozone, aux intempéries et au vieillissement
- -20°C à +200°C
- très utilisé pour les huiles et graisses minérales

## **EPDM**

- Bonne résistance à l'ozone et au vieillissement. Certaines formulations ont une bonne tenue aux UV
- -45°C à +150°C
- utilisé pour les liquides de freins et l'eau chaude

## **HNBR**

- Diverses formulations mais bonnes propriétés mécaniques
- -30°C à +140°C
- souvent utilisé en présence d'huile et de graisses minérales.

## **VMQ**

- Nombreuses formulations très typées
- excellente tenue à la chaleur et au froid
- excellentes propriétés diélectriques
- bonne résistance à l'oxygène et à l'ozone
- -60°C à 200°C

- souvent utilisé en médical et agro-alimentaire

## **CR**

- Bonne résistance à l'ozone, aux intempéries, au vieillissement et aux produits chimiques
- -40°C à +100°C
- employés dans le domaine des fluides réfrigérants, dans l'industrie des colles et adhésifs

## **ACM**

- Excellente résistance à l'ozone, au vieillissement, à l'air chaud
- caractéristiques physiques moyennes, élasticité faible, faible tenue aux basses températures
- -20°C à 150°C
- très utilisé en automobile pour sa résistance aux lubrifiants additivés (en particulier en soufre)

## **FFKM**

- Large résistance chimique et bonne tenue à la chaleur comme beaucoup d'élastomères fluorés
- gonflement faible dans presque tous les milieux
- -25°C à +240°C (+325°C pour certaines formulations)
- industries chimiques et de transformation caractérisées par des environnements agressifs et des températures élevées.

## **Quelques exemples**

compilation de résultats d'essais de laboratoire. Il s'agit d'une compilation simple (non critique) d'après [www.tss.trelleborg.com](http://www.tss.trelleborg.com)

### Système de notation

**A** Convient très bien

L'élastomère s'avère peu ou pas sensible aux influences externes.

Peu d'effet sur les performances et sur les propriétés physiques.

Très bonne résistance.

**B** Convient bien.

Une certaine sensibilité aux influences externes avec une certaine dégradation des propriétés physiques.

Faible gonflement chimique.

**C** Convient peu.

Gonflement important et dégradation importantes des propriétés physiques après exposition.

Des essais supplémentaires doivent être effectués.

**U** L'élastomère ne convient pas pour ce milieu.

– Informations insuffisantes concernant l'utilisation dans ce milieu.

	ACM	AU	CR	EPDM	FKM	FVMQ	HNBR	NBR	VMQ
<b>Alcools</b>									
Méthanol	U	U	A	A	U	A	A	A	A
Ethanol	U	U	A	A	U	A	A	A	B
<b>Eau</b>									
Eau alimentation chaudière	U	U	C	A	B	B	B	B	C
Eau 80°C	U	U	B	A	B	A	A	B	B
Eau 135°C	U	U	C	A	C	A	C	U	U
<b>Vapeur d'eau</b>									
<150°C	U	U	U	A	U	B	C	U	B
>150°C	U	U	U	B	U	U	U	U	U
<b>Gaz</b>									
Butane	A	B	B	U	A	A	A	A	U
Propane	B	B	B	U	A	B	A	A	U
<b>Huiles et graisses</b>									
Huile minérale de machine	A	A	B	U	A	A	A	A	B

Graisses animales/végétales	A	A	A	U	A	A	A	A	B
-----------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---

### Huiles moteurs à explosion

Huile ASTM n° 3	A	B	U	U	A	A	A	A	B
Huile ASTM IRM 902	A	B	B	U	A	A	A	A	B
Huile ASTM IRM 903	A	B	U	U	A	A	A	A	B
Huile ASTM n° 1	A	B	B	U	A	A	A	A	A
Huile ASTM n° 2	A	B	B	U	A	A	A	A	B

### Données caractéristiques normatives

Les normes sur les joints sont assez complexes. On ne retiendra que trois valeurs

#### Dureté

La plus courante est la dureté de la norme Shore A. Plus l'indice est élevé moins le joint se déforme sous les efforts de poinçonnement. Les joints sont généralement livrés en 3 duretés 70, 80, 90.

### Déformation résiduelle après compression

#### Déformation rémanente après compression

La déformation rémanente après compression (DRC) du matériau du joint torique est un paramètre important pour l'étanchéité. En compression, les élastomères présentent, outre une plage élastique, une déformation plastique permanente (Figure 9).

La déformation rémanente après compression est déterminée selon ISO 815 de la manière suivante :

Éprouvette standard:      Disque cylindrique de 13 mm de diamètre et de 6 mm de hauteur

Déformation :                25%

Temps de relâchement :    30 minutes

$$CS = \frac{h_0 - h_2}{h_0 - h_1} \cdot 100(\%)$$

où  $h_0$  = Hauteur originelle (diamètre de tore  $d_2$ )

$h_1$  = Hauteur à l'état comprimé

$h_2$  = Hauteur après relâchement

Cette propriété est par exemple importante pour la réutilisation de joint lors de démontages ou bien lorsque des phases de services sous pression nominale alternent avec des phases de repos.



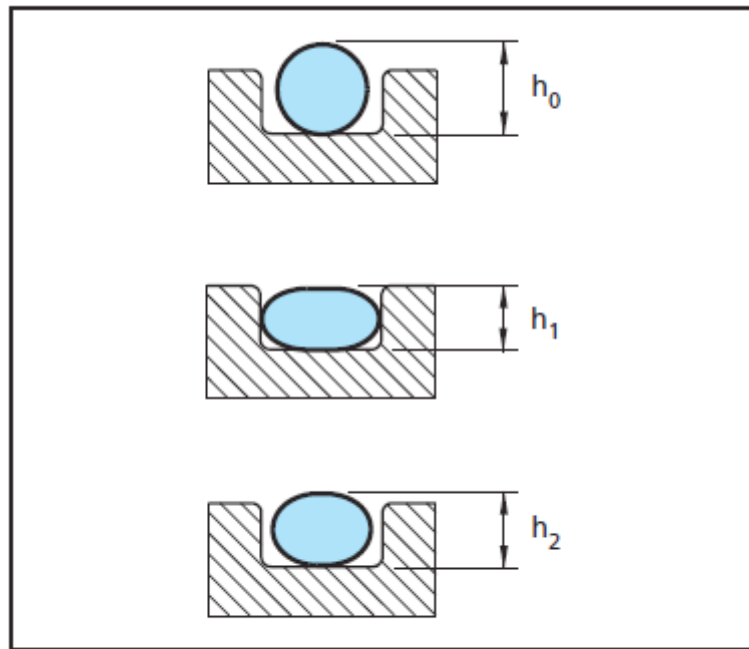


Figure 9 Illustration de la déformation rémanente après compression

### Exemple de table de spécification standard.

Tableau V Spécification pour le NBR standard

			NBR 70 Shore A	NBR 80 Shore A	NBR 90 Shore A	
Dureté		DIN 53 505 ASTM D 2240	Shore A	70 ± 5	80 ± 5	90 ± 5
Résistance à la traction		DIN 53 504 ASTM D 412	MPa N/mm <sup>2</sup>	> 14	> 12	> 10
Allongement à la rupture		DIN 53 504 ASTM D 412	%	> 200	> 150	> 100
Déformation rémanente après compression	24h / 100 °C	DIN ISO 815B ASTM D 395B	%	< 25	< 30	< 30
Vieillessement thermique	72h / 100 °C	DIN 53 508 ASTM D 573				
Variation de dureté			Shore A	max +8	max +8	max +8
Variation de résistance à la traction			%	max -25	max -25	max -30
Variation d'allongement à la rupture			%	max -25	max -25	max -30
Résistance dans l'huile ASTM n°1	72h / 100 °C	DIN 53 521 ASTM D 471				
Variation de la dureté			Shore A	max +6	max +6	max +6
Variation du volume			%	max -8	max -8	max -8
Résistance dans l'huile ASTM n°3	72h / 100 °C	DIN 53 521 ASTM D 471				
Variation de dureté			Shore A	max -10	max -10	max -10
Variation de volume			%	max +15	max +15	max +15
Plage de température	Les températures de service maximale et minimale dépendent des critères d'application spécifiques.			-30 °C à +100 °C	-25 °C à +100 °C	-25 °C à +100 °C

## Compression initiale

Au moment du montage et en dehors de toute pression ou déplacement en service, le joint doit être comprimé dans son logement.

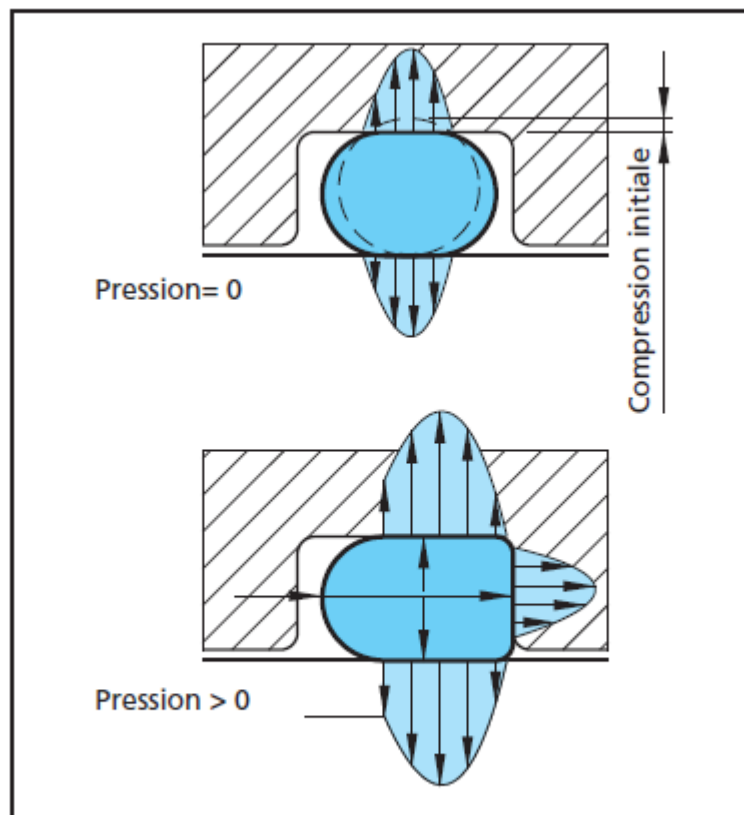


Figure 14 Pression de contact du joint torique en place et sous la pression de service

Cette compression initiale et sa valeur sont essentielles pour que le joint joue durablement son rôle.

La compression initiale :

- assure l'étanchéité initiale et pendant les périodes hors services
- compense les tolérances de fabrication
- assure les efforts de frottement définis
- compense la déformation rémanente après mise en charge
- compense l'usure.

La compression s'exprime en % du diamètre de tore ( $d_2$ ) par rapport au diamètre nominal avant pose. Les valeurs courantes sont :

- applications dynamique : 6 à 20 %
- applications statiques : 15 à 30 %

### B.2.3 Allongement- compression

Dans le cas d'une étanchéité radiale, le joint torique monté dans une gorge interne - "étanchéité extérieure" - doit être étiré sur tout le diamètre de la gorge. L'allongement maximal au montage est de 6% pour les joints toriques de diamètre intérieur > 50 mm et de 8% pour les joints toriques de diamètre intérieur < 50 mm.

Avec des gorges externes - "étanchéité intérieure" - le joint torique est comprimé de préférence sur sa périphérie. La compression périphérique maximale au montage est de 3%.

Le dépassement de ces valeurs se traduira par une augmentation ou une diminution importante du diamètre de tore du joint torique, ce qui risque de réduire la durée de vie du joint.

On peut calculer la réduction du diamètre de tore ( $d_2$ ) à l'aide de la formule suivante

$$Reduction_{max} = \frac{d_{2min}}{10} \cdot \sqrt{6 \cdot \left( \frac{d_{3max} - d_{1min}}{d_{1min}} \right)}$$

avec  $d_{1min}$  = diamètre intérieur minimal du joint torique

$d_{2min}$  = diamètre de tore minimal du joint torique

$d_{3max}$  = diamètre maximal du logement

mais on peut dire qu'il est approximativement égal à la moitié de l'allongement. Un allongement de 1% correspond à une réduction d'environ 0,5% du diamètre de tore ( $d_2$ ).

### Précautions élémentaires au montage

- Ébavurage soigné
- chanfrein d'entrée
- passage de trous ébavurés et arrondis
- filetages recouverts
- outils simples de montage : bagues, mandrins
- contrôler la dilatation au montage
- contrôler l'absence de vrillage.

Dans le cas d'une lubrification permanente des parties mécaniques vérifier la compatibilité

lubrifiant-élastomère. Etre vigilant lorsque le lubrifiant est à composants solides en particulier soufrés (bisulfure de molybdène, sulfure de zinc...).

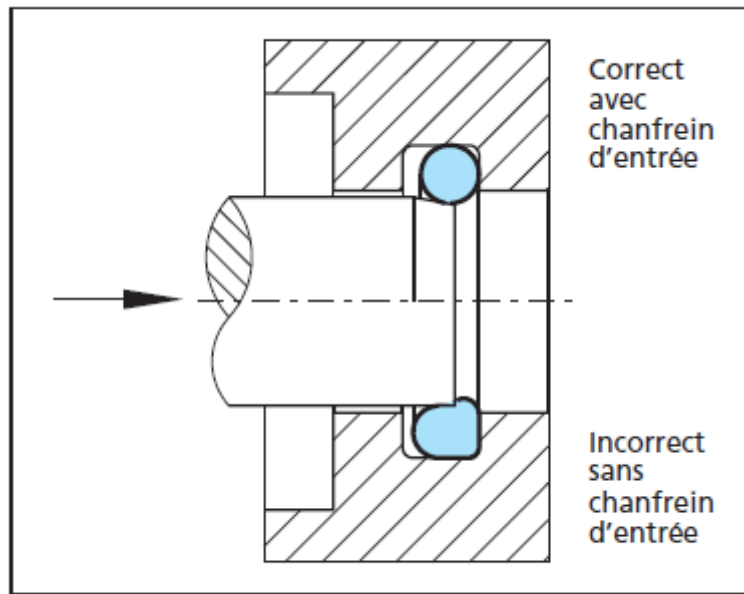


Figure 11 Montage d'une tige avec joint torique

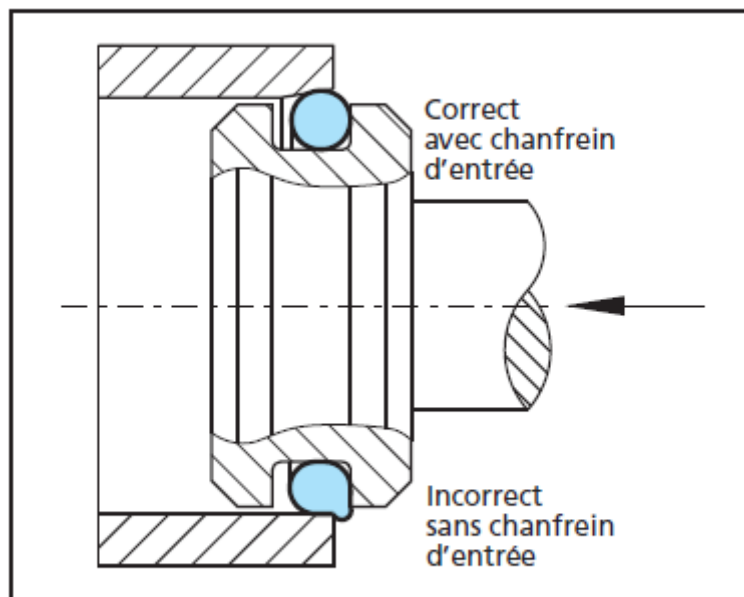


Figure 12 Montage d'un piston avec joint torique

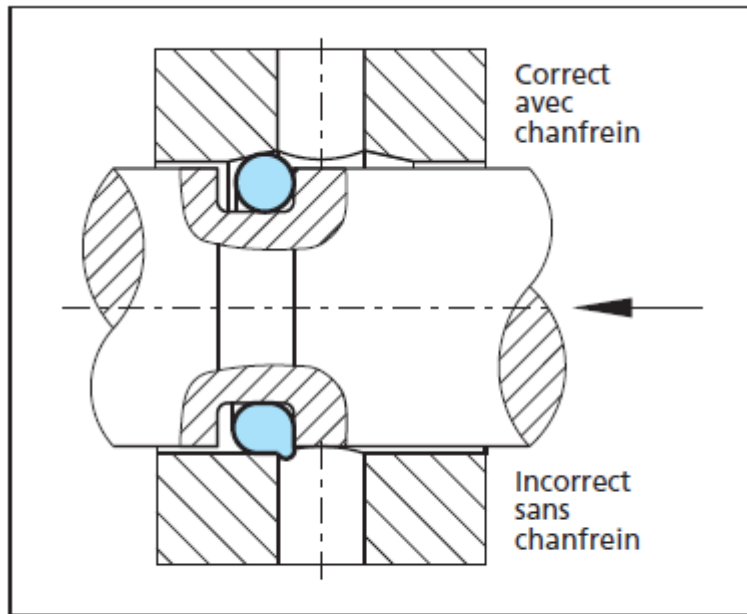


Figure 13 Montage d'un joint torique passage sur des trous

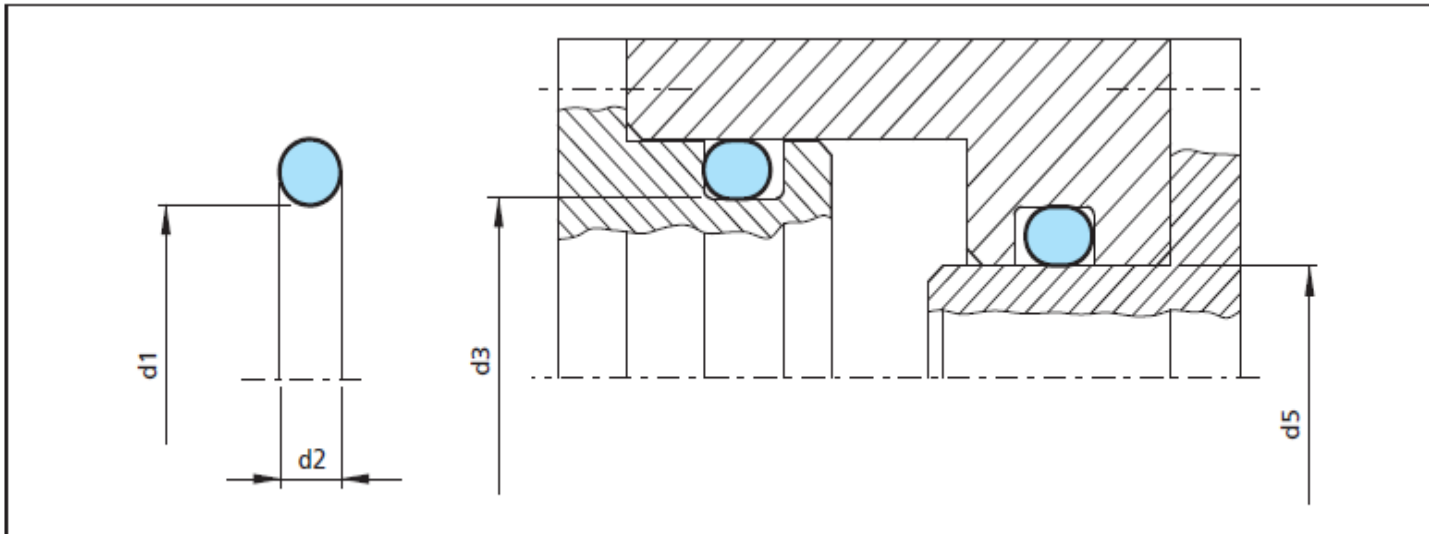


Figure 18 Montage radial, statique et dynamique

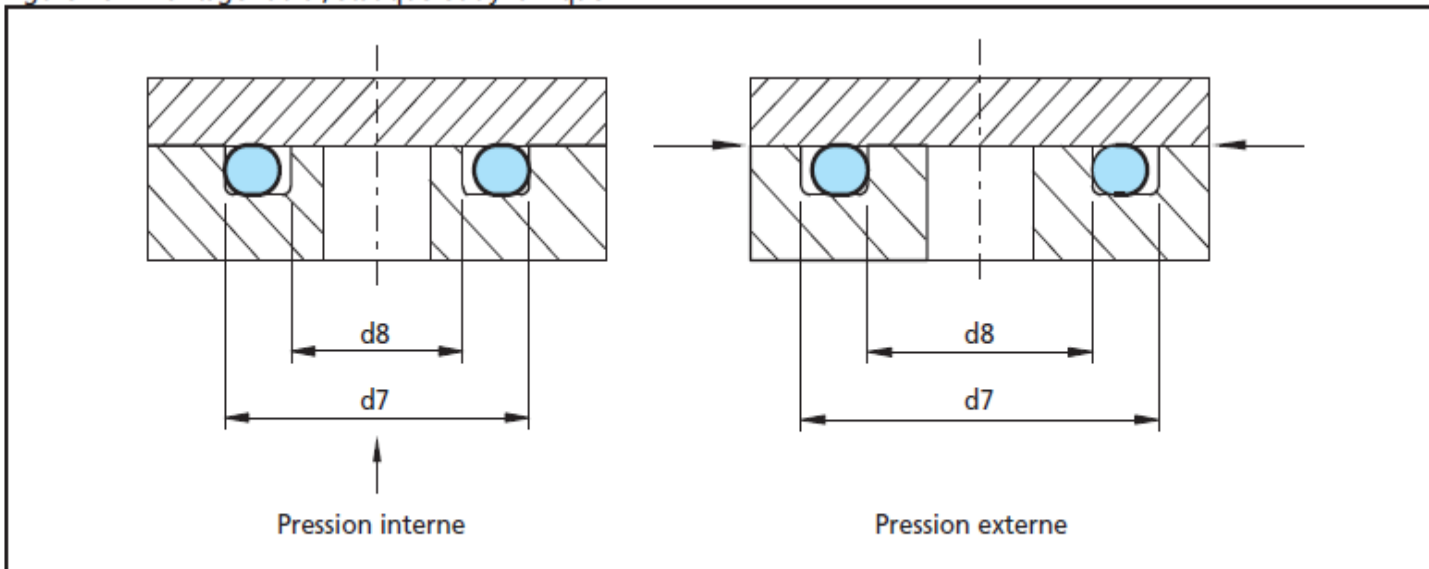


Figure 19 Montage axial, statique

# Annexe technique

Source Trelleborg

## Conception des gorges / dimensions des gorges chanfreins d'entrée

Une conception correcte peut contribuer à éliminer d'emblée les sources possibles d'endommagement et de défaillances des joints.

Comme les joints toriques sont pré-serrés au montage, il faut prévoir des chanfreins d'entrée et des arêtes arrondies (Figure 20 et 21).

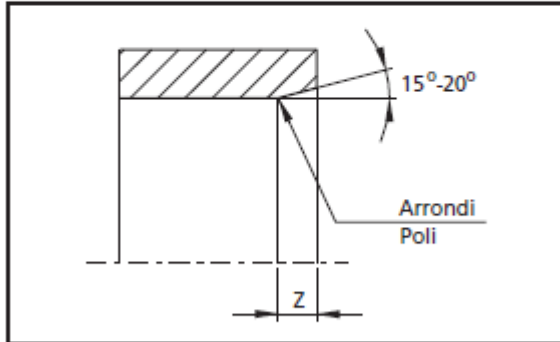


Figure 20 Chanfreins d'entrée pour alésages, tubes

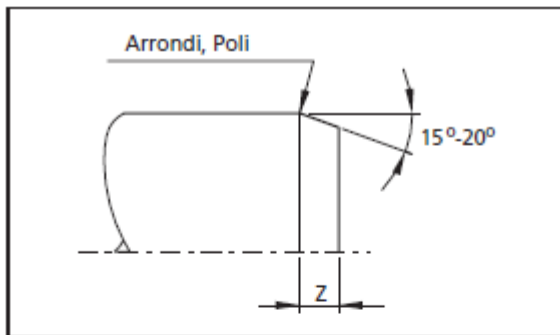


Figure 21 Chanfreins d'entrée pour arbres, tiges

Le tableau XI indique la longueur minimale du chanfrein d'entrée en fonction du diamètre de tore  $d_2$ .

Tableau XI Chanfreins d'entrée

Longueur mini du chanfrein d'entrée Z		Diamètre de tore du joint torique $d_2$
15°	20°	
2,5	1,5	jusqu'à 1,78 1,80
3,0	2,0	jusqu'à 2,62 2,65
3,5	2,5	jusqu'à 3,53 3,55
4,5	3,5	jusqu'à 5,33 5,30
5,0	4,0	jusqu'à 7,00
6,0	4,5	au-dessus de 7,00

L'état de surface d'un chanfrein d'entrée est :  
 $R_z \leq 6,3 \mu\text{m}$      $R_a \leq 0,8 \mu\text{m}$

## Jeu radial

Les tolérances indiquées dans le tableau XV et le jeu radial maximal admissible S (jeu d'extrusion) indiqué dans le tableau XII doivent être respectées.

Si le jeu est trop important, il risque de se produire une extrusion du joint, ce qui peut entraîner sa destruction (Figure 22).

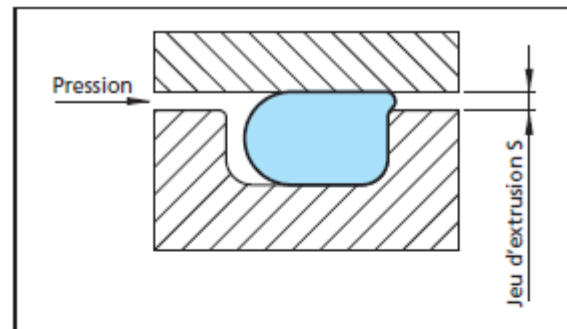


Figure 22 Jeu radial "S"

Le jeu d'extrusion S entre les pièces étanchées dépend de la pression du système, du diamètre de tore et de la dureté du joint torique.

Le tableau XII indique le jeu S recommandé en fonction du diamètre de tore et de la dureté Shore du joint torique. Ce tableau est valable pour les élastomères, à l'exception du polyuréthane et des joints toriques avec enveloppe FEP.

Avec des pressions supérieures à 5 MPa, pour les joints toriques de diamètre intérieur > 50 mm et aux pressions supérieures à 10 MPa pour les joints toriques de diamètre intérieur < 50 mm, nous recommandons l'utilisation de bagues anti-extrusion.

**Tableau XII Jeu radial S**

Diamètre de tore du joint torique $d_2$	jusqu'à 2	2 - 3	3 - 5	5 - 7	au-dessus de 7
Joints toriques de dureté 70 Shore A					
Pression MPa	Jeu radial S				
≤ 3,50	0,08	0,09	0,10	0,13	0,15
≤ 7,00	0,05	0,07	0,08	0,09	0,10
≤ 10,50	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08
Joints toriques de dureté 90 Shore A					
Pression MPa	Jeu radial S				
≤ 3,50	0,13	0,15	0,20	0,23	0,25
≤ 7,00	0,10	0,13	0,15	0,18	0,20
≤ 10,50	0,07	0,09	0,10	0,13	0,15
≤ 14,00	0,05	0,07	0,08	0,09	0,10
≤ 17,50	0,04	0,05	0,07	0,08	0,09
≤ 21,00	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08
≤ 35,00	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04

Ces valeurs supposent que les pièces soient assemblées concentriquement et ne se dilatent pas sous pression. Si ce n'est pas le cas, le jeu doit être plus petit.

Pour les applications statiques, nous recommandons un ajustement H8/f7.

Les joints toriques en polyuréthane peuvent admettre des jeux plus importants du fait de leur grande résistance à l'extrusion et de leur meilleure stabilité dimensionnelle.

#### Surfaces

Sous pression, les élastomères s'adaptent à des surfaces irrégulières. Toutefois, pour les applications étanches aux gaz ou aux liquides, l'état des surfaces à étancher doit remplir certaines conditions minimales.

Fondamentalement, les rayures, les égratignures, les piqûres, les stries d'usinage concentriques ou spiralées, etc. ne sont pas admissibles. Les exigences sont plus grandes pour les surfaces de frottement dynamiques que pour les surfaces statiques.

A l'heure actuelle, il n'existe pas de définition uniforme pour décrire les surfaces de frottement. Dans la pratique, la valeur  $R_a$  ne suffit pas pour évaluer la qualité de surface. Par conséquent, nos recommandations reprennent, entre autres, divers termes et diverses définitions des normes DIN 4768 et DIN EN ISO 4287.

**Tableau XIII État de surface**

Type de charge	Surface	$R_t$ $\mu\text{m}$	$R_z$ $\mu\text{m}$	$R_a$ $\mu\text{m}$
Radiale-dynamique	Surface de contact* (alésage, tige, arbre)	1,0 - 2,5	0,63 - 1,6	0,1 - 0,4
	Flancs de gorge, fond de gorge	≤ 10,0	≤ 6,3	≤ 1,6
Radiale-statique Axiale-statique	Surface de contact flancs de gorge, fond de gorge	≤ 10,0 ≤ 16,0	≤ 6,3	≤ 1,6
	Pour les pressions pulsées surface de contact flancs de gorge, fond de gorge	≤ 6,3 ≤ 10,0	≤ 6,3	≤ 0,8 ≤ 1,6

\* rectification en plongée

Ce qui précède est purement indicatif et couvre la majorité des applications d'étanchéité. Toutefois, il faut consulter TSS en cas de problèmes particuliers.



### Gorge trapézoïdale

La gorge trapézoïdale ne doit être utilisée que dans des cas particuliers, par exemple, un montage vertical, afin de maintenir le joint torique (Figure 23). Les cotes de montage sont résumées par le tableau XIV. La gorge trapézoïdale est préconisée uniquement pour les diamètres de tore à partir de 3,53 mm. Le diamètre intérieur du joint torique est fonction du diamètre moyen de la gorge moins le diamètre de tore.

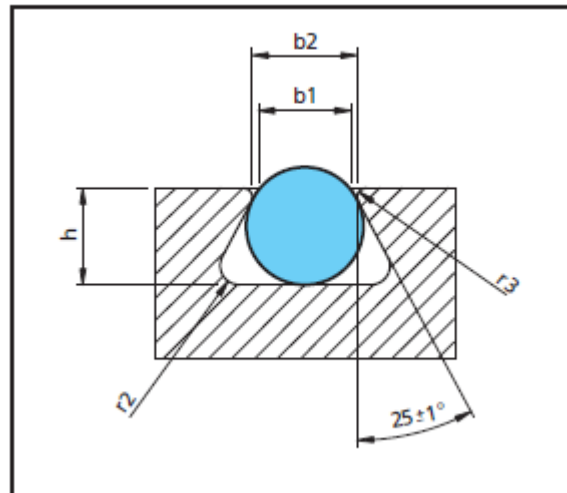


Figure 23 Montage dans une gorge trapézoïdale

Tableau XIV Cotes de montage pour une gorge trapézoïdale

Diamètre de tore du joint torique <b>d2</b>	Dimensions de la gorge				
	Largeur de gorge <b>b1 ±0,05</b>	Largeur de gorge <b>b2 ±0,05</b>	Profondeur de gorge <b>h ±0,05</b>	Rayon (maxi)	
				<b>r3</b>	<b>r2</b>
3,53 3,55	2,90	3,20	2,90	0,25	0,80
4,00	3,40	3,70	3,20	0,25	0,80
5,00	4,30	4,60	4,20	0,25	0,80
5,33 5,30	4,60	4,90	4,60	0,25	0,80
5,70	4,75	5,25	4,80	0,40	0,80
6,00	5,05	5,55	5,10	0,40	0,80
7,00	6,00	6,50	6,00	0,40	1,60
8,00	6,85	7,45	6,90	0,50	1,60
8,40	7,25	7,85	7,30	0,50	1,60

### Gorge rectangulaire

Une gorge rectangulaire est préférable pour les nouvelles réalisations. Les flancs de gorge évasés jusqu'à 5° sont admissibles. Si des bagues anti-extrusion sont utilisées, il faut que les flancs soient droits.

Pour réduire les risques d'extrusion, le rayon  $r$  ne doit pas dépasser le jeu radial maximal admissible  $S$  (voir tableau XII).

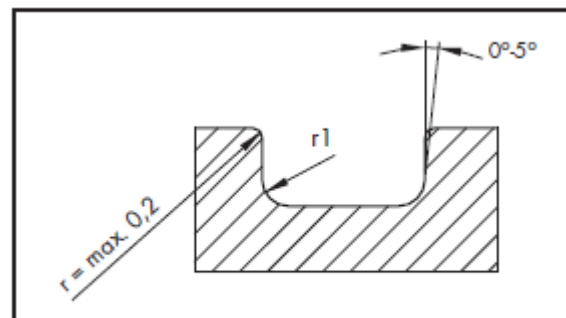


Figure 24 Spécifications de la gorge

## Recommandations de montage

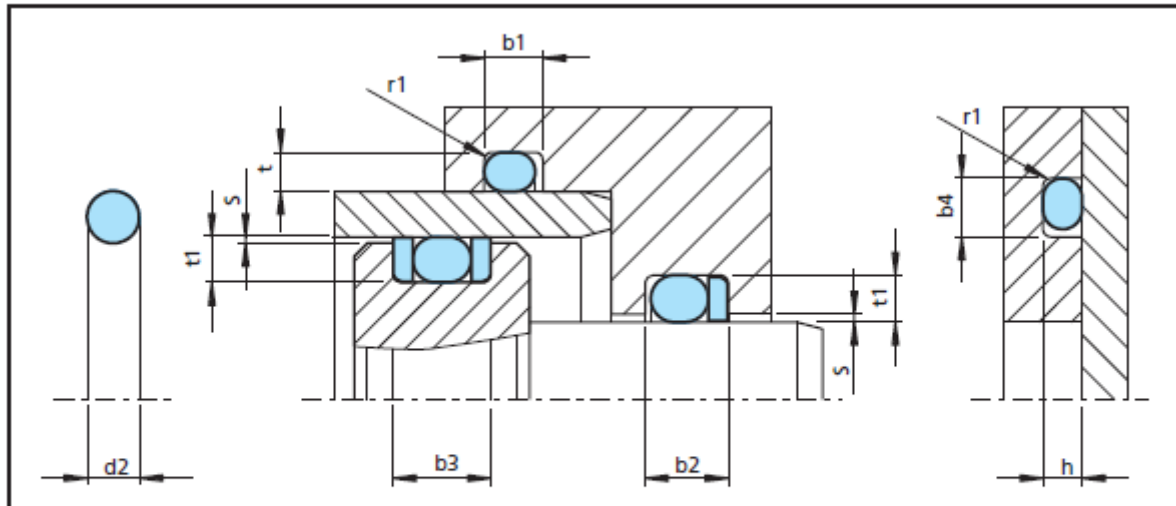


Figure 25 Schéma de montage

Pour le jeu, voir chapitre "Recommandations de conception", page 7 Caractéristiques des surfaces, voir "Recommandations de conception", page 43

Tableau XV Cotes de montage

Diamètre de tore	Montage radial			Montage axial		Rayon <sup>2)</sup>
	Profondeur de gorge		Largeur de gorge <sup>1)</sup>	Profondeur de gorge	Largeur de gorge	
	Dynamique $t1 + 0.05$	Statique $t + 0.05$				
<b>d2</b>			<b>b1 + 0.2</b>	<b>h + 0.05</b>	<b>b4 + 0.2</b>	<b>r1 ± 0.2</b>
0,50	-	<b>0,35</b>	0,80	0,35	0,80	0,20
0,74	-	<b>0,50</b>	1,00	0,50	1,00	0,20
1,00	-	<b>0,70</b>	1,40	0,70	1,40	0,20
1,02	-	<b>0,70</b>	1,40	0,70	1,40	0,20
1,20	-	<b>0,85</b>	1,70	0,85	1,70	0,20
1,25	-	<b>0,90</b>	1,70	0,90	1,80	0,20
1,27	-	<b>0,90</b>	1,70	0,90	1,80	0,20
1,30	-	<b>0,95</b>	1,80	0,95	1,80	0,20
1,42	-	<b>1,05</b>	1,90	1,05	2,00	0,30
1,50	1,25	<b>1,10</b>	2,00	1,10	2,10	0,30
1,52	1,25	<b>1,10</b>	2,00	1,10	2,10	0,30
1,60	1,30	<b>1,20</b>	2,10	1,20	2,20	0,30
1,63	1,30	<b>1,20</b>	2,10	1,20	2,20	0,30
1,78*	1,45	<b>1,30</b>	2,40	1,30	2,60	0,30
1,80	1,45	<b>1,30</b>	2,40	1,30	2,60	0,30
1,83	1,50	<b>1,35</b>	2,50	1,35	2,60	0,30
1,90	1,55	<b>1,40</b>	2,60	1,40	2,70	0,30
1,98	1,65	<b>1,50</b>	2,70	1,50	2,80	0,30

Diamètre de tore	Montage radial			Montage axial		Rayon <sup>2)</sup>
	Profondeur de gorge		Largeur de gorge <sup>1)</sup>	Profondeur de gorge	Largeur de gorge	
	Dynamique t1 +0.05	Statique t +0.05				
2,00	1,65	<b>1,50</b>	2,70	1,50	2,80	0,30
2,08	1,75	<b>1,55</b>	2,80	1,55	2,90	0,30
2,10	1,75	<b>1,55</b>	2,80	1,55	2,90	0,30
2,20	1,85	<b>1,60</b>	3,00	1,60	3,00	0,30
2,26	1,90	<b>1,70</b>	3,00	1,70	3,10	0,30
2,30	1,95	<b>1,75</b>	3,10	1,75	3,10	0,30
2,34	1,95	<b>1,75</b>	3,10	1,75	3,10	0,30
2,40	2,05	<b>1,80</b>	3,20	1,80	3,30	0,30
2,46	2,10	<b>1,85</b>	3,30	1,85	3,40	0,30
2,50	2,15	<b>1,90</b>	3,30	1,85	3,40	0,30
2,62*	2,25	<b>2,00</b>	3,60	2,00	3,80	0,30
2,65	2,25	<b>2,00</b>	3,60	2,00	3,80	0,30
2,70	2,30	<b>2,05</b>	3,60	2,05	3,80	0,30
2,80	2,40	<b>2,10</b>	3,70	2,10	3,90	0,60
2,92	2,50	<b>2,20</b>	3,90	2,20	4,00	0,60
2,95	2,50	<b>2,20</b>	3,90	2,20	4,00	0,60
3,00	2,60	<b>2,30</b>	4,00	2,30	4,00	0,60
3,10	2,70	<b>2,40</b>	4,10	2,40	4,10	0,60
3,50	3,05	<b>2,65</b>	4,60	2,65	4,70	0,60
3,53*	3,10	<b>2,70</b>	4,80	2,70	5,00	0,60
3,55	3,10	<b>2,70</b>	4,80	2,70	5,00	0,60
3,60	3,15	<b>2,80</b>	4,80	2,80	5,10	0,60
4,00	3,50	<b>3,10</b>	5,20	3,10	5,30	0,60
4,50	4,00	<b>3,50</b>	5,80	3,50	5,90	0,60
5,00	4,40	<b>4,00</b>	6,60	4,00	6,70	0,60
5,30	4,70	<b>4,30</b>	7,10	4,30	7,30	0,60
5,33*	4,70	<b>4,30</b>	7,10	4,30	7,30	0,60
5,50	4,80	<b>4,50</b>	7,10	4,50	7,30	0,60
5,70	5,00	<b>4,60</b>	7,20	4,60	7,40	0,60
6,00	5,30	<b>4,90</b>	7,40	4,90	7,60	0,60
6,50	5,70	<b>5,40</b>	8,00	5,40	8,20	1,00
6,99*	6,10	<b>5,80</b>	9,50	5,80	9,70	1,00
7,00	6,10	<b>5,80</b>	9,50	5,80	9,70	1,00
7,50	6,60	<b>6,30</b>	9,70	6,30	9,90	1,00
8,00	7,10	<b>6,70</b>	9,80	6,70	10,00	1,00
8,40	7,50	<b>7,10</b>	10,00	7,10	10,30	1,00
9,00	8,10	<b>7,70</b>	10,60	7,70	10,90	1,50
9,50	8,60	<b>8,20</b>	11,00	8,20	11,40	1,50