

## Prescription ASIT

	No	Pages	Révision
Bases de calcul .....	301	14	9.02
Cylindres sous pression intérieure .....	302	2	1.98
Cylindres sous pression extérieure .....	303	15	1.98
Tubes-foyers ondulés et lisses .....	304	4	1.98
Cône sous pression intérieure et extérieure .....	305	9	1.98
Fonds bombés sous pression intérieure .....	307	12	1.98
Fonds hémisphériques et coques de sphères sous pression intérieure .....	308	4	1.98
Fonds à calottes sous pression intérieure .....	309	6	1.98
Fonds sous pression extérieure .....	310	3	1.98
Parois planes et bombées .....	312	20	1.98
Tubes sous pression intérieure et extérieure .....	313	3	1.98
Brides .....	314	17	1.98
Boulonnerie .....	315	11	1.98
Ouvertures .....	316	13	1.98
Compensateurs .....	317	x	*
Attaches .....	318	x	*
Constructions spéciales .....	319	2	1.98

\* Prescription en préparation

## Table des matières

	Page
1. Domaine de validité .....	1
2. Principes de base .....	1
3. Contraintes admissibles et facteurs de sécurité .....	3
4. Facteurs de soudage .....	6
5. Température de calcul .....	7
6. Pression de calcul .....	9
7. Suppléments .....	10
8. Epaisseurs minimales de parois .....	13

### **1. Domaine de validité**

- 1.1 Les prescriptions ASIT de la série 300 traitent des règles de calcul pour les pièces soumises à la pression d'appareils sous pression (chaudières et récipients).
- 1.2 Leur application présuppose un choix et une mise en œuvre des matériaux conformes aux Prescriptions ASIT des sections 100, 200, 400 et 500 ainsi que des règles générales de l'art reconnues de la technique.

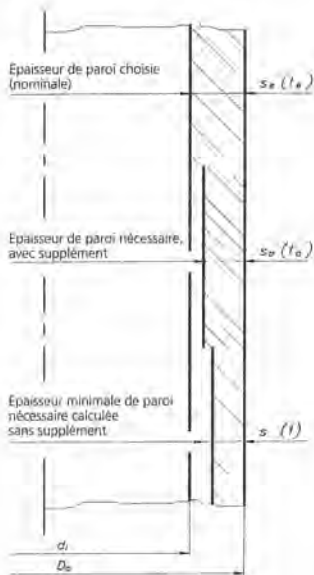
### **2. Principes de base**

- 2.1 Il est à noter que les Règles techniques ASIT prennent en compte essentiellement les contraintes statiques. Les contraintes supplémentaires dues par ex. au poids propre, aux charges de transport et de montage, au poids lors de l'essai sous pression, aux dilatations thermiques, déformations entravées, charges dues au vent et à la neige, etc. doivent être prises en compte en plus.

- 2.2 Dans les épaisseurs de paroi nécessaires calculées, les suppléments tels que suppléments de sous-épaisseur, d'usure (supplément de corrosion) et de construction ne sont pas inclus. En général, l'épaisseur de paroi nécessaire  $s_0$  resp.  $t_0$  se calcule comme suit:

$$s_0 = s + c \leq s_e \quad (301.1)$$

$$t_0 = t + c \leq t_e \quad (301.2)$$



- $s_0(t_0)$  = épaisseur de paroi nécessaire en mm, y compris supplément  
 $s(t)$  = épaisseur de paroi nécessaire calculée en mm, sans supplément  
 $c$  = supplément en mm, selon chiffre 7  
 $s_e(t_e)$  = épaisseur de paroi choisie (nominale) en mm

- 2.3 Lors d'écarts par rapport aux prescriptions ASIT, la preuve doit être fournie que la sécurité est assurée d'une autre manière, par ex. par des essais de matériaux, des essais, des analyses de contraintes. Dans ce cas, l'ASIT 319 doit être respectée.
- 2.4 Les épaisseurs minimales mentionnées dans les tableaux 301 F (tôles) et 313 A (tubes) peuvent être plus faibles si la mise en œuvre correcte (soudage) de plus faibles épaisseurs est attestée par un contrôle de procédé et/ou une homologation de construction.

- 2.5 Lors de la confirmation de résistance par un essai à l'éclatement (par ex. pour des formes difficilement calculables), un facteur de sécurité de 4,5 par rapport à la pression d'éclatement est exigé. Cette confirmation n'est admise que pour des températures entre  $-10\text{ °C}$  et  $50\text{ °C}$ .  
Pour des températures inférieures à  $-10\text{ °C}$  resp. supérieures à  $50\text{ °C}$ , le facteur de sécurité est à convenir avec l'ASIT.

### **3. Contraintes admissibles et facteurs de sécurité**

- 3.1 La contrainte admissible «f» qui est à appliquer dans les formules de calcul dépend de la nature des sollicitations de la partie d'appareil concerné, de la catégorie de conception (ASIT 109) ainsi que des caractéristiques mécaniques du matériau à la température donnée (température de calcul). Les critères ainsi que les formules pour la détermination de la contrainte admissible «f» sont regroupés dans les tableaux 301 A et 301 B.
- 3.2 Les «contraintes admissibles f» introduites dans les formules de calcul des éléments de construction ne se recourent pas toujours avec les contraintes maximales effectives. Ceci est vrai en particulier pour les plaques tubulaires et les brides ainsi que pour le calcul des renforcements d'ouverture et en général pour les concentrations de contraintes dues à l'assemblage d'éléments dissemblables. Ceci est à considérer lors d'analyses de contraintes et lors de mesures par extensométrie pour lesquelles les contraintes de pointe maximales sont à convenir avec l'ASIT.
- 3.3 Dans l'assemblage de matériaux dissemblables, les valeurs de résistance de la soudure sont à introduire dans le calcul lorsqu'elles sont inférieures aux valeurs du matériau de base selon la section 200.
- 3.4 Les soudures entièrement sollicitées ( $z = 1$ ) dans des éléments de construction dimensionnés à l'aide de la résistance au fluage sont à calculer avec la valeur de résistance du matériau réduite de 20%, sauf si des valeurs de résistance au fluage existent pour la soudure.
- 3.5 Des valeurs de résistance plus élevées obtenues par un écrouissage à froid ne peuvent être introduites dans le calcul que si elles sont attestées (test de matériau) et effectivement présentes sur l'élément terminé (par ex. traitement thermique, écrouissage).  
En général, une homologation spéciale est nécessaire.

**Tableau 301 A Contraintes admissibles**

Genre de sollicitation	Catégorie de conception. *1	Contraintes admissibles $f$ in N/mm <sup>2</sup>	Remarques
Pression intérieure	1, 2 et 3	$R_m / x_1$ resp. $R_e / x_2$	*2 *3
		$R_t / x_3$	*4
Pression extérieure a) déformation élastique b) déformation plastique	1, 2 et 3	$x_4$ contenue dans les formules de dimensionnement	*2 *3
	1, 2 et 3	$R_e / x_5$ resp. $R_t / x_5$	
Tempér. de moins de -10 °C	2	$f_t = f \cdot (x_6)$	
Etat d'essai seulement si pression d'essai pas selon ASIT 512 ainsi que pour l'état de montage de vis selon ASIT 315	1, 2 et 3	$R_m / x_7$ $R_e / x_8$ pression intérieure et extérieure déformation plastique	*3
		$x_9$ pression extérieure déformation élastique contenue dans les formules de dimensionnement	
Visserie	1, 2 et 3	$R_m / x_1$ resp. $R_e / x_2$	*2 *3
		$R_t / x_3$	*4
Sollicitations pulsées et alternatives	2	Code de calcul AD - S1 / S2	
Attestation générale de stabilité	1, 2 et 3	Code de calcul AD - S3/0 bis S3/5	

**Remarques**

- $f$  = contrainte admissible en N/mm<sup>2</sup> (contrainte de calcul)
- $f_t$  = contrainte de calcul dans l'application d'un cas de charge selon ASIT 215
- $R_m$  = résistance à la traction minimale garantie en N/mm<sup>2</sup> à température ambiante (20°C)
- $R_e$  = limite élastique minimale garantie en N/mm<sup>2</sup> à la température de calcul:  
1) aciers ferritiques 0,2% resp. 2) aciers austénitiques 1,0%
- $R_t$  = résistance moyenne au fluage pour rupture à 10<sup>5</sup> heures en N/mm<sup>2</sup> à la température de calcul et en observant le chiffre 3.4
- $x_1-x_9$  = facteurs de sécurité selon tableau 301 B

\*1 Catégorie de conception selon ASIT 109.

\*2 La plus petite valeur est déterminante.

\*3 Si la pression d'essai a été définie selon ASIT 512, il n'est pas nécessaire de recalculer les épaisseurs de paroi pour l'état d'essai.

\*4 L'application dépend de la matière et de la température.

**Tableau 301 B Facteurs de sécurité  $x_1$  à  $x_9$**

	Catégorie de conception *1	Aciers *2	Aciers coulés	Fonte sphéroïdale	Fonte grise	Aluminium corroyé	Aluminium moulé	Cuivre *3	Nickel Titane *4	Vis *5
$x_1$	1	2,7 *6	3,0	3,5	7,0	–	–	4,0	–	2,4
$x_2$		1,6 *6	1,8	2,2	–	–	–	–	–	1,8
$x_3$		1,6 *6	1,8	2,2	–	–	–	–	–	1,8
$x_1$	2 et 3	2,4 *7 *8	2,8	3,2	6,0	2,5	4,0	3,5 *9	2,4	2,4
$x_2$		1,5 *7	1,6	2,0	–	1,5	–	1,5 *9	1,5	1,8
$x_3$		1,5 *7	1,6	2,0	–	–	–	1,5 *9	1,5	1,8
$x_4$	1	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	–
	2 et 3	3,0	4,0	4,0	4,0	3,0	4,0	3,0	3,0	–
$x_5$	1	2,0								
		2,2 *10	2,5	2,5	7,0	–	–	4,0	2,2	–
	2 et 3	1,6	2,5	2,5	6,0	2,0	3,5	3,5	1,8	–
		1,8 *10								
$x_6$	2	Facteur de charge selon ASIT 215 = % 100 / 85 / etc.								
$x_7$	1, 2 et 3	–	–	–	3,0	–	2,0	–	–	–
$x_8$		1,05	1,2	1,5	–	1,1	–	1,1	1,1	1,1
$x_9$	1, 2 et 3	$\geq 2,3$ (température d'essai = température ambiante)								

**Remarques**

\*1 Selon ASIT 109

\*2 Pour ASIT 203, 204, 206, 207 et 214

\*3 Pour des températures supérieures à 100 °C,  $x_1$  déterminant pour  $R_{mT}$

\*4 Pour les matières LCNi, les limites d'élasticité au fluage sont déterminante

\*5 Pour vis d'assemblages par brides selon ASIT 205

\*6 Alternative selon PED:

$x_1 = 2,4$ ;  $x_2 = 1,5$ ;  $x_3 = 1,5$

Etendue de l'essai: au moins selon ASIT 506, P4-PED

Obligations supplémentaires: a) Recalculer pour l'état d'essai et év. adapter l'épaisseur de paroi

b) WPAR/AP selon ASIT 505/506 avec attestation de  $R_{mT}$  et

$A_5 > 35\%$  dans la matière soudée

\*8 Pour bouteilles forgées:  $x_1 = 2,1$  au lieu de 2,4 et pression d'essai = plus grande valeur sur le dessin, si plusieurs règlements interviennent

\*9 Pour pièces brasées:  $x_1 = 4,0$  au lieu de 3,5 et observer les dispositions dans ASIT 212

\*10 Pour aciers selon ASIT 207 et 214 pour application de la limite élastique à 1%

## 4. Facteurs de soudage

- 4.1 Le facteur de soudage  $z$  est un complément du facteur de sécurité déterminant pour la contrainte admissible calculée dans un élément d'appareil soudé (cylindre, cône, fonds hémisphériques, etc.).
- 4.2 La prescription ASIT 506 renseigne sur l'étendue des contrôles à effectuer en fonction du facteur de soudage et du groupe de matériaux.
- 4.3 Le fabricant doit être en possession pour le domaine considéré (groupe de matériaux, plage d'épaisseurs, procédé de soudure) d'une homologation valable selon ASIT 501 et des agréments de procédé selon ASIT 505.
- 4.4 Les soudeurs doivent être en possession d'une qualification de soudeur selon ASIT 504.

### 4.5 Exploitation de la contrainte admissible dans la soudure

- 4.5.1 Les facteurs de soudage suivants peuvent être appliqués aux assemblages soudés:
- a)  $z = 1,0$
  - b)  $z = 0,85$
  - c)  $z = 0,70 * 1$

\*1 Le facteur de soudage 0,70 ne s'applique qu'aux appareils de la catégorie 3 et aux groupes de matériaux 1.1 et 8.1 (ASIT 505/Tableau 505 E et Annexe 1).

Le facteur de soudage choisi et les contrôles qui y sont liés sont à mentionner dans le dessin de construction.

- 4.5.2 Pour les assemblages brasés, on peut calculer avec un facteur  $z = 0,8$ , si l'agrément de procédé ne mentionne pas une valeur plus faible.
- 4.5.3 Les soudures longitudinales par brasage tendre ne sont pas admises. Les soudures circulaires par brasage tendre sont admises si:
- un recouvrement est utilisé.
  - la largeur de recouvrement est au moins de  $10 \cdot s_a$  ( $s_a$  = épaisseur de paroi exécutée).
  - l'épaisseur de paroi de manteau exécutée ne dépasse pas 6 mm.
  - $D_s \times PS \leq 2500$  mm bar est respecté.

On applique dans ce cas pour la soudure circulaire le facteur de soudage  $z = 0,80$ .

## 5. Température de calcul $t_{\text{calc}}$

- 1) La température de calcul (voir ASIT 105) intervient dans le choix des matériaux et du niveau des contraintes admissibles. Elle est déterminée selon les indications ci-après et doit toujours figurer sur les dessins de construction et dans le calcul.
- 2) La température de calcul pour les divers éléments d'un appareil sous pression est normalement donnée par les températures admissibles (TS)  $t_{\text{min}}$  et  $t_{\text{max}}$  selon ASIT 105, avec au besoin un supplément selon la catégorie de l'appareil sous pression et de l'application de l'élément selon chiffre 5.1 à 5.3 de cette prescription.

### 5.1 Appareils sous pression de la catégorie de conception 1

(répartition voir ASIT 109)

#### 5.1.1 La température de calcul doit être choisie en fonction de l'utilisation de l'élément:

- 1) éléments non chauffés: température maximale du fluide
- 2) éléments chauffés: dans la zone de rayonnement  
temp. max. du fluide +50 °C  
dans la zone de convection  
temp. max. du fluide +25 °C
- 3) surchauffeurs: dans la zone de rayonnement  
temp. max. du fluide +50 °C  
dans la zone de convection  
temp. max. du fluide +35 °C

#### 5.1.2 Pour les éléments chauffés et les surchauffeurs, des températures de calcul plus basses peuvent être admises si la température dans le milieu de la paroi peut être justifiée par un calcul.

### 5.2 Appareils sous pression de la catégorie de conception 2

(répartition voir ASIT 109)

#### 5.2.1 La température de calcul doit correspondre à la plus haute température possible à laquelle l'élément considéré peut être exposé, soit:

- 1) pour les parois non chauffées, normalement la plus haute température du produit
- 2) pour les parois chauffées, la plus haute température du fluide caloporteur
- 3) pour les parois recouvertes, la température la plus haute ou la plus basse de charge de produit plus 20 °C



- 4) Si la plus haute température de paroi attendue est inférieure à +20 °C, la température de calcul sera de +20 °C
- 5.2.2 Les appareils qui, climatiquement ou artificiellement, sont en service à des températures inférieures à +5 °C doivent satisfaire également l'ASIT 215. Les températures de service admissibles inférieures à -10 °C doivent figurer sur la plaque signalétique.
- 5.2.3 Pour les réservoirs de stockage de gaz liquéfiés installés à l'air libre et qui ne sont ni chauffés, ni refroidis, la température de calcul figure dans le tableau 301 C. Les indications de l'ASIT 215 doivent être prises en compte.
- 5.2.4 Pour des éléments d'appareils chauffés ou refroidis, des températures de calcul plus hautes ou plus basses peuvent être admises si la température de la paroi peut être justifiée par un calcul ou une mesure.

**Tableau 301 C Températures de calcul pour gaz liquéfiés**

Type de réservoir	Pression max. admissible (PS) correspondant à la pression de vapeur	Remarque
Réservoir de stockage, accepté sans soupape de sûreté *1	au moins 50 °C	*2 par ex. Cl <sub>2</sub> Réservoir de stockage
Réservoir de stockage pour fluides facilement inflammables resp. explosifs avec sécurité prescrite *1	à l'air libre, hors terrain et partiellement enterré: +40 °C / -20 °C entièrement enterré >0,8 m; +30 °C / -20 °C	selon directive pour gaz liquéfié partie 1 resp. ASIT 705
Réservoir de stockage pour d'autres gaz liquéfiés avec sécurité prescrite *1	Aucune température fixée, Pression max. admissible (PS) correspondant à la pression d'ouverture de la sûreté	par ex. CO <sub>2</sub>
Réservoirs pour installations frigorifiques selon SN 253150 et ASIT 215		

*Remarques*

\*1 Observer ASIT 602 et 603.

\*2 Avec installation de refroidissement adéquate selon accord avec l'ASIT.

### **5.3 Appareils sous pression de la catégorie de conception 3**

(répartition voir ASIT 109)

- 5.3.1 La température de calcul doit être choisie en fonction de la température maximale possible de charge du produit.
- 5.3.2 Les appareils soumis à une température inférieure à  $-10^{\circ}\text{C}$  ne sont pas admis. Pour des températures entre  $+5^{\circ}\text{C}$  et  $-10^{\circ}\text{C}$ , les indications de l'ASIT 215 doivent être respectées.

## **6. Pression de calcul $p_{\text{calc}}$**

6.1 On entend toujours par pression la pression effective en bar (voir ASIT 105). Une dépression doit toujours être exprimée avec un signe négatif (par ex.  $-0,7$  bar). Dans les formules de calcul, les pressions sont à exprimer en  $\text{N}/\text{mm}^2$  et non pas en bar ( $1 \text{ bar} = 0,1 \text{ N}/\text{mm}^2$ ).

6.2 Dans les diverses formules de calcul,  $P_{\text{calc}}$  est écrit simplement  $p$ .

6.3 La pression effective de calcul est normalement la pression max. admissible (PS).

$$p_{\text{calc}} \geq PS \quad (301.3)$$

PS = pression max. admissible en bar selon ASIT 105

6.4 Les pressions statiques de la charge du produit aussi bien en service que durant l'essai de pression doivent également être prises en compte si elles augmentent les contraintes dans la paroi de plus de 5%.

$$p_{\text{calc}} \geq 0,95 PS + 0,1 H \cdot \rho \quad (301.4)$$

PS = pression max. admissible en bar

H = hauteur manométrique (hauteur max. de remplissage de la charge en m)

$\rho$  = densité de la charge en  $\text{kg} / \text{dm}^3$  (pour liquides  $\rho_{\text{min.}} = 1,0$ )

6.5 Les parois de séparation traversantes sont toujours à dimensionner pour le cas de charge le plus défavorable, c'est-à-dire la pression la plus élevée et la plus grande différence de pression.

6.6 Si la pression d'essai est plus élevée que celle prévue dans l'ASIT 512, un calcul complémentaire pour les conditions de l'essai est à faire en appliquant les facteurs de sécurité pour les conditions d'essai mentionnées dans les tableaux 301 A et 301 B.

- 6.7 Pour les réservoirs de stockage pour gaz liquéfiés, les pressions max. admissible (PS) selon tableau 301 C sont à utiliser.
- 6.8 Les forces statiques supplémentaires doivent être indiquées sur le dessin si elles augmentent les contraintes dans les appareils sous pression de plus de 5% (par ex. charge de produit, forces d'appui, forces dues au vent ou à la neige, remblayage de terre).

## 7. Suppléments

7.1 Les épaisseurs de parois résultant des formules de calcul sont des valeurs minimales.

- 1) Elles ne peuvent tout au plus être inférieures sur l'élément fini que dans les limites des tolérances en moins admissibles selon les normes de base mentionnées sous chiffre 7.2
- 2) Le supplément  $c$  prescrit pour l'épaisseur de paroi déterminée selon les formules se compose de 3 éléments:

$$c = c_1 + c_2 + c_3 \quad (301.5)$$

$c$  = supplément à ajouter à l'épaisseur de paroi déterminée selon les formules en mm

$c_1$  = supplément pour tolérance d'épaisseur négative en mm selon chiffre 7.2

$c_2$  = supplément d'usure (supplément de corrosion) en mm selon chiffre 7.3

$c_3$  = supplément de construction en mm selon chiffre 7.4

### 7.2 Supplément pour écart en moins d'épaisseur $c_1$ (tolérance négative)

7.2.1 Pour les tôles et les tubes soudés en aciers ferritiques et austénitiques, commandés et livrés avec des tolérances d'épaisseur selon norme DIN- resp. EN sur le tableau 301 D, on applique:

$s$	*1	$c_1$ en mm aciers ferritiques	$c_1$ en mm aciers austénitiques	$c_1$ en mm aluminium et alliages de cuivre
≤ 5 mm		0,2	0,2	0,2
≤ 5 mm		0,3	0	0,3

#### Remarque

\*1 Pour tôles et tubes soudés avec écarts plus grands que dans la norme DIN (>0,3 mm pour parois jusqu'à 10 mm resp. >0,5 mm pour parois de plus de 10 mm), les écarts des normes correspondantes doivent être prises en compte.

$s$  = épaisseur de paroi minimale calculée en mm, sans supplément.

**Tableau 301 D Tolérances d'épaisseur de tôles et parois selon DIN EN**

<i>Tôles</i>	
DIN EN 10029	tôles laminées à chaud de 3 à 150 mm d'épaisseur
DIN EN 10131	bandes larges et tôles laminées à froid en aciers non alliés
DIN 59381	bandes laminées à froid en aciers inoxydables et réfractaires
DIN 59382	bandes larges et tôles laminées à froid en aciers inoxydables
<i>Tubes soudés</i>	
DIN 1626	tubes soudés circulaires en aciers non alliés pour exigences particulières
DIN 1628	tubes soudés circulaires en aciers non alliés pour exigences particulièrement élevées
DIN 17174	tubes soudés circulaires en aciers tenaces à froid
DIN 17177	tubes soudés par résistance en aciers résistants à chaud
DIN 2463	tubes soudés en aciers inoxydables austénitiques

7.2.2 Pour les tubes sans soudure en aciers ferritiques et austénitiques, commandés et livrés avec des tolérances d'épaisseur selon DIN sur le tableau 301 E, on applique:

- 1) pour  $d_a \leq 127$  mm,  $c_1 = 5\%$  de l'épaisseur nominale
- 2) pour  $d_a > 127$  mm,  $c_1 = 10\%$  de l'épaisseur nominale  
 $d_a$  = diamètre extérieur du tube en mm  
 $c_1$  = supplément d'écart en moins en mm
- 3) Pour les tubes sans soudure en d'autres matériaux ou avec d'autres tolérances, cette prescription est à appliquer par analogie, resp. à convenir avec l'ASIT.

**Tableau 301 E Tubes sans soudure**

<i>Tubes sans soudure</i>	
DIN 1629	tubes sans soudure circulaires en aciers non alliés pour exigences particulières
DIN 1630	tubes sans soudure circulaires en aciers non alliés pour exigences particulièrement élevées
DIN 17173	tubes sans soudure circulaires en aciers tenaces à froid
DIN 17175	tubes sans soudure circulaires en aciers résistants à chaud
DIN 2462	tubes sans soudure circulaires en aciers inoxydables

7.2.3 Un supplément pour tolérance d'épaisseur négative  $c_1$ , supplémentaire doit toujours être introduit pour le matériau de base, lorsque des réductions d'épaisseur sont à prévoir pour des raisons de fabrication, par ex. coudes, fonds bombés, etc. La valeur de ce supplément est à déterminer et communiquer par le fabricant du semi-produit.

7.2.4 Pour les éléments coulés, les indications des prescriptions ASIT correspondantes sont à respecter.

### 7.3 Supplément d'usure (supplément de corrosion) $c_2$

7.3.1 Aciers ferritiques

- 1) Le supplément d'usure  $c_2$  est normalement d'au moins 0,8 mm.
- 2) Il n'est pas appliqué si l'épaisseur de paroi (nominale)  $s_e > 30$  mm.
- 3) Si une protection suffisante des parois internes existe, par ex. placage, caoutchoutage, émaillage, revêtement plastique mais à l'exclusion de revêtement galvanique, zingage et enduits et sous condition d'une accessibilité interne (sans double manteau ou serpentin de chauffage), le supplément  $c_2$  peut être omis.
- 4) L'aptitude des revêtements plastiques doit dans tous les cas être documentée.

7.3.2 Aciers austénitiques et métaux non ferreux

A défaut d'accord entre l'exploitant et le fabricant, le supplément d'usure est  $c_2 = 0$  mm.

7.3.3 En dérogation aux chiffres 7.3.1 et 7.3.2, un supplément  $c_2$  plus élevé est à convenir entre l'exploitant et le fabricant si la charge de produit est fortement corrosive. Dans ce cas, il doit figurer sur le dessin en tant que supplément  $c_2$ .

7.3.4 Au dimensionnement de l'épaisseur minimale de paroi de cylindres resp. de tubes, calculés selon le diamètre intérieur  $D_i$ , il faut tenir compte, dans le cas d'un risque de corrosion à l'intérieur, du supplément  $c_2$  selon la formule (302.1).

### 7.4 Supplément de construction $c_3$

7.4.1 Dans le calcul de quelques éléments, par ex. tubes-foyers ondulés, un supplément de construction supplémentaire  $c_3$  est demandé. Ce supplément de construction, indépendamment du choix du matériau, est indiqué dans les prescriptions ASIT concernées.

- 7.4.2 Dans des conditions de corrosion particulières, il peut être nécessaire en plus du choix d'un matériau adéquat et d'une conception adaptée, de réduire les contraintes de traction pour éviter une corrosion sous tension.
- 7.4.3 Si de plus fortes épaisseurs de paroi doivent être prévues pour des raisons de résistance ou d'exploitation par rapport à celles exigées par la pression de calcul, elles seront indiquées dans le supplément de construction  $c_3$ .  
Des suppléments peuvent par ex. être demandés pour:
- supporter le poids propre.
  - supporter des charges supplémentaires, comme emmurement, encrassement, plates-formes, isolation, etc.
  - supporter des charges dues au vent, au transport, au montage, etc.
  - en cas de corrosion et/ou d'érosion à attendre.
- 7.4.4 La valeur du supplément  $c_3$  doit dans tous les cas être indiquée sur le dessin.

## **8. Epaisseurs minimales de parois**

- 8.1 Les épaisseurs minimales de parois déterminées par calcul doivent exister sur l'élément fini en tant que valeur nominale.
- 8.2 Pour les tôles et les pièces coulées, les épaisseurs de parois minimales admises en fonction de la catégorie de conception sont données par le tableau 301 F.
- 8.3 Pour les tubes, les épaisseurs de parois minimales admises sont données par le tableau ASIT 313.
- 8.4 Pour les tubulures, il faut respecter les dispositions de l'ASIT 316. L'épaisseur de paroi minimale pour le raccord de bride est définie dans la prescription 314/ chiffre 5.1.3.4.

**Tableau 301 F Épaisseurs de parois minimales pour tôles et pièces coulées en mm**

Matériau	Catégorie de conception			
	1 *1 Pression intérieure	1 Pression extérieure	2 et 3 *1 Pression intérieure	2 et 3 Pression extérieure
Aciers non alliés et alliés	3,0	5,0	2,0	3,0
Aciers inoxydables austénitiques	2,0	3,0	2,0	2,0
Cuivre et ses alliages	3,0	4,0	3,0	4,0
Aluminium et ses alliages	–	–	3,0	4,0
Acier coulé	8,0	8,0	7,0	7,0
Fonte grise, sphéroïdale, malléable	10,0	10,0	8,0	8,0
Aluminium coulé	–	–	8,0	8,0

*Remarque*

\*1 Si l'épaisseur de paroi calculée avec le double de la pression de calcul suffit, des épaisseurs de parois réduites de 1 mm sont admises, pour autant que la fabrication le permette et que les homologations selon l'ASIT 501 et 505 soient disponibles. Cette disposition ne concerne pas les éléments directement soumis à la flamme.

## Table des matières

	Page
1. Domaine de validité .....	1
2. Calcul .....	1
3. Affaiblissement dû aux ouvertures .....	2
4. Epaisseurs de parois minimales .....	2

### 1. Domaine de validité

- 1.1 Les règles de dimensionnement ci-après sont applicables aux éléments de construction soumis à une surpression intérieure, en tenant compte du rapport  $D_a / D_i$ , soit:
- 1) manteau de cylindre
  - 2) tube en tant que manteau d'appareil
  - 3) tubulure
- 1.2 Les tubes sans soudure ou soudés jusqu'à un diamètre extérieur de max. 400 mm, qui servent au transfert de chaleur, sont calculés selon la prescription ASIT 313, sauf les parties d'appareils définis sous le chiffre 1.1.

### 2. Calcul

- 2.1 Cylindres et tubes dans la plage  $D_a / D_i \leq 1,2$  (tubes  $D_a \leq 219$  jusqu'à  $D_a / D_i \leq 1,7$ )

$$s = \frac{D_a \cdot p}{2 \cdot f \cdot z + p} = \frac{D_i \cdot p}{2 \cdot f \cdot z - p} \quad (302.1)$$

$s_e \geq s + c$  selon ASIT 301

$s$  = épaisseur de paroi en mm sans supplément  $c$

$D_a$  = diamètre extérieur en mm

$D_i$  = diamètre intérieur en mm. En cas de risque de corrosion à l'intérieur, prendre pour  $D_i$  la valeur  $D_i' = D_i + (2 \cdot c_2)$  dans le calcul.

$p$  = pression effective de calcul en  $N/mm^2$

$f$  = contrainte admissible en  $N/mm^2$

$z$  = facteur de soudure

$c$  = supplément en mm

$s_e$  = épaisseur de paroi (nominale) choisie en mm

} selon ASIT 301



- 2.2 Cylindres et tubes dans la plage  $1,2 < D_a / D_i \leq 1,5$  (tubes avec  $D_a > 219$  mm)
- 1) Pour autant que ces éléments ne soient pas soumis à une variation de température importante (par ex. chauffage, refroidissement), on peut placer dans la formule 302.1  $p'$  au lieu de  $p$ , soit

$$p' = p \left( 0,623 \cdot \frac{D_a}{D_i} + 0,28 \right) \quad (302.2)$$

- 2) Si la paroi du cylindre est soumise à des contraintes thermiques supplémentaires, celles-ci devront être prises en compte selon une méthode de calcul reconnue.
- 2.3 Cylindres et tubes dans la plage  $D_a / D_i > 1,5$  (tubes  $D_a \leq 219$  jusqu'à  $D_a / D_i > 1,7$ )
- 1) Ces éléments font toujours l'objet d'une vérification des contraintes tenant compte des influences thermiques.
  - 2) La contrainte maximale sur la face interne resp. externe du cylindre sous l'influence de la pression et de la température ne doit pas dépasser la limite d'élasticité.

### **3. Affaiblissement dû aux ouvertures**

Si les cylindres ou les tubes sont affaiblis par des ouvertures, les indications de l'ASIT 316 sont également à appliquer.

### **4. Epaisseurs de parois minimales**

Les épaisseurs de parois minimales sont fixées dans l'ASIT 301.

## Table des matières

	Page
1. Domaine de validité . . . . .	1
2. Calcul . . . . .	1
3. Renforcements . . . . .	6
4. Affaiblissement dû aux ouvertures . . . . .	11
5. Epaisseur de paroi minimale . . . . .	11

### 1. Domaine de validité

- 1.1 Les règles de dimensionnement ci-après sont applicables aux parois lisses de cylindres et tubes soumis à une surpression extérieure, avec un rapport dans les cylindres  $D_a / D_i \leq 1,2$  et dans les tubes  $D_a \leq 219$  mm jusqu'à  $D_a / D_i \leq 1,7$ .
- 1.2 Pour les tubes sans soudure et soudés avec  $D_a \leq 400$  mm, le calcul à la pression extérieure tiendra compte de l'ASIT 313.
- 1.3 Les cylindres lisses soudés sont calculés comme les cylindres sans soudure ( $z = 1$ ) indépendamment des éventuels contrôles de soudure demandés.
- 1.4 La pression doit agir sur toute la circonférence, une action sur une seule partie conduisant à un risque accru de déformation. Les charges axiales supérieures à celles résultant de la surpression extérieure doivent aussi être prises en compte.
- 1.5 Pour les appareils de la catégorie de conception 1 il est à observer que:
  - 1) l'épaisseur de tôle maximale admise pour les tubes-foyers et les boîtes à feu est de 22 mm et l'épaisseur minimale 7 mm, pour d'autres conditions voir ASIT 304.
  - 2) l'épaisseur maximale admise pour les parois de cylindres chauffés par les gaz de fumées est de 30 mm.
  - 3) pour les tubes-foyers ondulés, l'ASIT 304 est déterminante.

### 2. Calcul

- 2.1 Les cylindres sous pression extérieure sont à dimensionner d'une part au voilement élastique et d'autre part à la déformation plastique. La pression extérieure admissible est la plus petite des deux valeurs calculées selon chiffres 2.2 et 2.3.

**2.2 Calcul au voilement élastique**

2.2.1 La pression extérieure admissible est déterminée selon la formule 303.1 ou le tableau 303 A.

$$p = \frac{p_e}{x_4} = \frac{E_t}{x_4} \left[ \frac{2}{(n^2-1) \cdot \left[ 1 + \left( \frac{n}{A} \right)^2 \right]^2} \left( \frac{s}{D_a} \right) + \frac{2}{3(1-\mu^2)} \left( n^2-1 + \frac{2n^2-1-\mu}{1 + \left( \frac{n}{A} \right)^2} \right) \left( \frac{s}{D_a} \right)^3 \right] \quad (303.1)$$

$p$  = pression extérieure admissible (pression effective de calcul) en N/mm<sup>2</sup>

$p_e$  = pression de voilement en N/mm<sup>2</sup>

$x_4$  = facteur de sécurité contre le voilement élastique selon ASIT 301

$E_t$  = module d'élasticité à la température de calcul en N/mm<sup>2</sup>. Le module E est à tirer de la prescription ASIT de la série 200 ou de la norme de matière.

$$A = \text{coefficient} = \frac{\pi \cdot D_a}{2 \cdot L} < n$$

$L$  = longueur de voilement en mm selon chiffre 2.3.2 Fig. 303a

$D_a$  = diamètre extérieur en mm

$\mu$  = coefficient de Poisson, admis en général pour les métaux à  $\mu = 0,3$ .

$s$  = épaisseur de paroi en mm sans supplément  $c$  ( $s \leq s_e - c$ )

$s_e$  = épaisseur de paroi choisie (nominale) en mm

$c$  = supplément selon ASIT 301 en mm; pour les appareils de la catégorie de conception 1, tenir compte de  $c_3 = 1$  mm.

$n$  = coefficient de voilement. Ce coefficient de voilement se détermine avec la formule 303.2. Le coefficient de voilement  $n$  est le nombre entier inférieur arrondi le plus proche (au moins 2).

$$n = 1,63 \cdot \sqrt[4]{\frac{D_a^3}{L^2 \cdot s}} \quad (303.2)$$

2.2.2 Pour les tubes avec  $\varnothing \leq 219$ , le calcul peut aussi se faire avec la formule 303.3.

$$p = \frac{p_e}{x_4} = \frac{E_t \cdot 2}{x_4 \cdot (1-\mu^2)} \cdot \left( \frac{s}{D_a} \right)^3 \quad (303.3)$$

Symboles de la formule, voir chiffre 2.2.1

**2.3 Calcul à la déformation plastique**

2.3.1 La pression extérieure admissible est déterminée selon la formule 303.4 ou selon le tableau 303 B, C ou D.

$$p = \frac{p_{kr}}{x_5} = \frac{Z \cdot K \cdot s}{x_5 \cdot D_a} \cdot F \quad (303.4)$$

$p$  = pression extérieure admissible (pression effective de calcul) en  $N/mm^2$

$p_{kr}$  = pression critique en  $N/mm^2$

$x_5$  = facteur de sécurité selon ASIT 301/Tableau 301 B

$K$  = la plus petite des deux valeurs  $R_e$  ou  $R_t$  en  $N/mm^2$  (voir ASIT 301, Tab. 301 A)

$D_a$  = diamètre extérieur en mm

$s$  = épaisseur de paroi en mm, sans supplément  $c$  ( $s \leq s_e - c$ )

$s_e$  = épaisseur de paroi choisie (nominale) en mm

$c$  = supplément selon ASIT 301 en mm; pour les appareils de la catégorie de conception 1 tenir compte en plus du supplément de construction  $c_3$  de 1 mm.

$F$  = facteur de défaut de forme

1) pour  $D_a / L > 5$ :  $F = 1$  resp.

$$2) \text{ pour } D_a / L \leq 5: F = \frac{1}{1 + 0,015 \cdot u \cdot (1 - 0,2 \cdot D_a / L) \frac{D_a}{s}} \quad (303.5)$$

$L$  = distance entre les renforts actifs selon chiffre 2.3.2 Fig. 303a

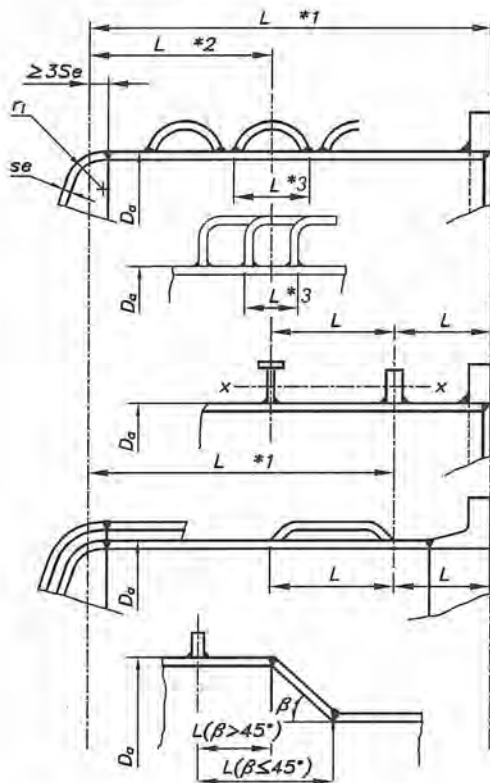
$u$  = écart de forme en % (voir chiffre 2.3.4)

Pour les cylindres lisses avec un écart de forme non spécifié, on admet en général une valeur de  $u = 1,5\%$ . Des valeurs plus petites peuvent être choisies, à condition qu'elles soient attestées par des mesures.

Pour de plus grands défauts de circularité, le facteur de sécurité  $x_5$  doit être augmenté en accord avec l'ASIT.

2.3.2 La longueur de voilement (longueur d'appui)  $L$  est la longueur du cylindre resp. la distance entre les renforts actifs en mm de la Fig. 303a. Exception pour cylindres en relation avec les tubes-foyers selon ASIT 304.

Fig. 303a



*Cylindre avec  
raccordement au fond*

*Canaux de chauffage ou  
refroidissement comme renfort*

*Profils comme renfort*

*Double manteau*

*Cylindre avec cône*

*Remarques*

- \*1 En liaison avec des fonds bombés, la longueur d'appui  $L$  part de la jonction entre le rayon de carre et le bord cylindrique. En général, cette longueur du bord cylindrique est égale au moins à  $3 \times s_e$ .
- \*2 En liaison avec des canaux de chauffage/refroidissement la portée part depuis le milieu de la 2ème rangée de canaux.
- \*3 Pour les courtes longueurs d'appui  $L$ , la formule de calcul selon le chiffre 2.3.3 est déterminante.

$s_e$  = épaisseur de paroi choisie en mm.

2.3.3 La pression extérieure pour de petites longueurs de voilement (longueurs d'appui)

$$L \leq 1,2 \cdot \sqrt{D_a \cdot s}$$

comme par ex. sur les canaux de chauffage selon Fig. 303a se détermine selon la formule (303.6):

$$p = \frac{3 \cdot K \cdot s^2}{x_s \cdot L^2} \quad (303.6)$$

$p$  = pression extérieure (pression de calcul du canal de chauffage) en  $N/mm^2$

$s$  = épaisseur de paroi en mm sans supplément  $c$  ( $s \leq s_e - c$ )

$s_e$  = épaisseur de paroi choisie en mm

$L$  = longueur de voilement du canal de chauffage en mm

$K$  = la plus petite des deux valeurs  $R_e$  ou  $R_t$  en  $N/mm^2$  (selon ASIT 301, Tab. 301 A et 301 B)

$x_s$  = facteur de sécurité contre la déformation plastique, selon ASIT 301, Tableau 301 B

$c$  = supplément selon ASIT 301 in mm

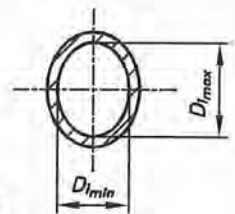
2.3.4 Pour la détermination du défaut de forme  $u$  en %, on applique:

1) Défaut de circularité

$$u = \frac{2 (D_{i_{max}} - D_{i_{min}})}{D_{i_{max}} + D_{i_{min}}} \cdot 100 \text{ en } \% \quad (303.7)$$

Pour les tubes, le défaut de circularité peut être déterminé selon la formule (303.7) avec le diamètre extérieur maximal et minimal. Les diamètres sont donnés par les conditions de livraison fixées dans les normes.

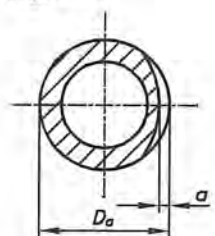
**Fig. 303b**



2) Aplatissement

$$u = \frac{4 \cdot a}{D_a} \cdot 100 \text{ en } \% \quad (303.8)$$

**Fig. 303c**



### 3. Renforcements

- 1) En règle générale, les renforcements sont à exécuter dans un matériau semblable à celui du cylindre, en considération du module d'élasticité et de la dilatation thermique.
- 2) Pour des renforcements reliés au cylindre par des soudures discontinues, les soudures d'angle doivent couvrir de chaque côté au moins un tiers de la circonférence du manteau. Le nombre des intervalles entre soudures doit être supérieur à  $2n$  ( $n$  = coefficient de voilement selon chiffre 2.2.1). La répartition des cordons de soudure devrait être régulière sur tout le pourtour. La longueur de chaque soudure résultant de la division doit être d'au moins 300 mm.
- 3) Les exécutions selon Fig. 303a sont normalement considérées comme renforcements efficaces.
- 4) Les renforcements soudés doivent satisfaire aux conditions 3.1 et 3.2.

#### 3.1 Moments d'inertie nécessaires

$$I_x \geq \frac{0,0417 \cdot x_4 \cdot p \cdot D_a^3 \cdot \sqrt{D_a \cdot s}}{E_t} \quad (303.9)$$

$I_x$  = moment d'inertie nécessaire en  $\text{mm}^4$ , rapporté à l'axe x (partie de manteau de cylindre incluse)

$x_4$  = facteur de sécurité contre le voilement élastique selon ASIT 301, Tableau 301 B

$p$  = pression de calcul en  $\text{N/mm}^2$  selon ASIT 301

$D_a$  = diamètre extérieur du manteau en mm

$s$  = épaisseur de paroi en mm sans supplément  $c$  ( $s \leq s_e - c$ )

$E_t$  = module d'élasticité à la température de calcul en  $\text{N/mm}^2$

$c$  = supplément selon ASIT 301

$s_e$  = épaisseur de paroi choisie (nominale) en mm

3.2 Sections nécessaires

$$A \geq \frac{0,5 \cdot x_5 \cdot D_a \cdot p \cdot \sqrt{D_a \cdot s}}{K} \tag{303.10}$$

A = section nécessaire en mm<sup>2</sup>

x<sub>5</sub> = facteur de sécurité contre la déformation plastique selon ASIT 301, Tableau 301 B

p = pression de calcul en N/mm<sup>2</sup> selon ASIT 301

D<sub>a</sub> = diamètre extérieur du manteau en mm

s = épaisseur de paroi en mm sans supplément c (s ≤ s<sub>e</sub> - c)

K = la plus petite des deux valeurs R<sub>e</sub> ou R<sub>t</sub> en N/mm<sup>2</sup> selon ASIT 301, Tableau 301 A

c = supplément selon ASIT 301

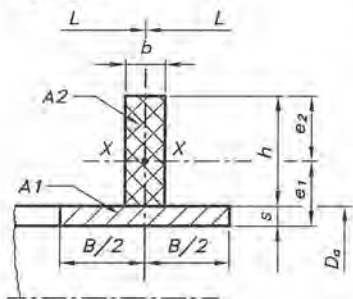
s<sub>e</sub> = épaisseur choisie en mm

3.3 Moments d'inertie et sections existants

3.3.1 Acier plat

Conditions

Fig. 303d



1)  $b \geq \frac{h}{8}$

2)  $s = s_e - c$

3)  $B = 1,1 \sqrt{(D_a - s) \cdot s}$

4)  $B \leq L$  (L selon Fig. 303a)

A<sub>1</sub>; A<sub>2</sub> = surface

$$e_1 = \frac{1}{2} \cdot \frac{b(h+s)^2 + (B-b)s^2}{b(h+s) + (B-b)s}$$

$$e_2 = h + s - e_1$$

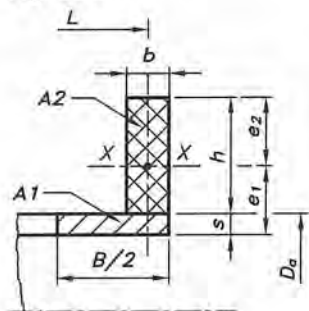
$$I_x = \frac{1}{3} [B \cdot e_1^3 - (B-b)(e_1-s)^3 + b \cdot e_2^3]$$

Symboles de formule s<sub>e</sub> et c voir chiffre 2.2.1



3.3.2 Acier plat sur manteau/  
Extrémité de tube

**Fig. 303e**



Conditions

- 1)  $b \geq \frac{h}{8}$
- 2)  $s = s_e - c$
- 3)  $h \leq 10 \cdot s$
- 4)  $B = 1,1 \sqrt{(D_a - s) \cdot s}$
- 5)  $\frac{B}{2} \leq L$  (L selon Fig. 303a)
- 6) On ne tient pas compte du trou de vis (pas de déduction pour le moment d'inertie et la surface).

A1; A2 = Surface

$$e_1 = \frac{1}{2} \cdot \frac{b(h+s)^2 + (B/2 - b)s^2}{b(h+s) + (B/2 - b)s}$$

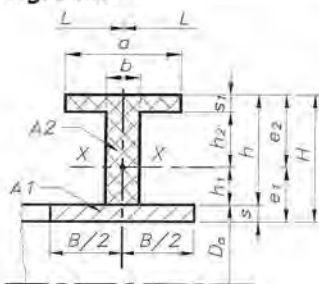
$$e_2 = h + s - e_1$$

$$I_x = \frac{1}{3} \cdot \left[ \frac{B}{2} \cdot e_1^3 - (B/2 - b)(e_1 - s)^3 + b \cdot e_2^3 \right]$$

Symboles de formule  $s_e$  et  $c$  voir chiffre 2.2.1

3.3.3 Tête

**Fig. 303f**



Conditions

$$1) b \geq \frac{h}{15}$$

$$2) s = s_e - c$$

$$3) B = 1,1 \sqrt{(D_a - s) \cdot s}$$

$$4) B \leq L \text{ (L selon Fig. 303a)}$$

A1; A2 = Surface

$$e_1 = \frac{1}{2} \cdot \frac{b \cdot H^2 + (B - b) s^2 + (a - b) s_1 (2H - s_1)}{b \cdot H + (B - b) s + (a - b) s_1}$$

$$e_2 = H - e_1$$

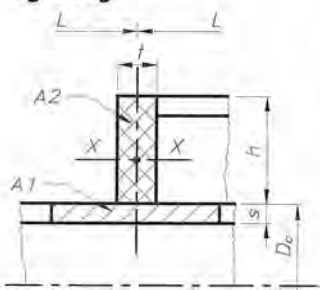
$$I_x = \frac{1}{3} \cdot [B \cdot e_1^3 - (B - b) h_1^3 + a \cdot e_2^3 - (a - b) h_2^3]$$

Symboles de formule  $s_e$  et  $c$  voir chiffre 2.2.1

3.3.4 Double manteau

Grandeurs de calcul  
selon 3.3.1

**Fig. 303g**

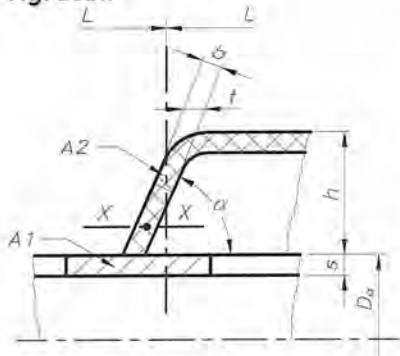


$t$  en lieu de  $D$

$$t = t_e - c$$

Symboles de formule  $t_e$  et  $c$  voir chiffre 2.2.1, où  $t_e$  doit être utilisé par analogie comme  $s_e$ .

**Fig. 303h**



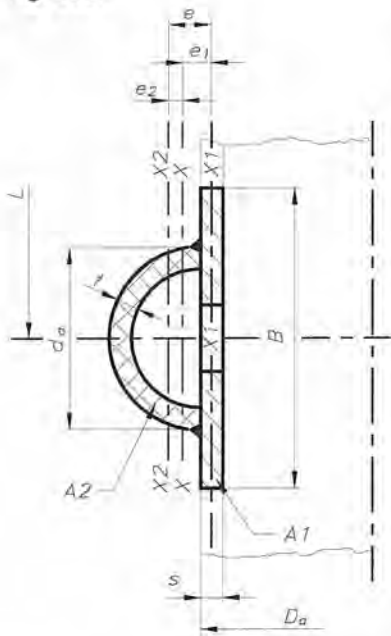
Grandeurs de calcul  
selon 3.3.1 avec

$$t = \frac{b}{\cos \alpha}$$

$$t = t_e - c$$

3.3.5 Demi-tube

**Fig. 303i**



Conditions

- 1)  $s = s_e - c$
- 2)  $t = t_e - c$
- 3) A1 = section de l'enveloppe
- 4) A2 = section du demi-tube
- 5) B = plus petite valeur de
  - a)  $B = 1,1 \sqrt{(D_a - s) \cdot s} + d_a$
  - b)  $B = 2 \cdot d_a$

Calcul

$$A1 = B \cdot s$$

A2 = section du profil

L = selon Fig. 303a

$$A2 = \frac{\pi \cdot (d_a^2 - d_i^2)}{8} \text{ où } d_i = d_a - 2 \cdot t$$

$$e = \frac{2 \cdot (d_a^3 - d_i^3)}{3 \cdot \pi \cdot (d_a^2 - d_i^2)} + \frac{s}{2}$$

$$e_1 = \frac{e \cdot A2}{A1 + A2}$$

$$e_2 = e - e_1$$

Moments d'inertie

$I_1$  = Manteau  $I_2$  = Demi-tube

$$I_1 = B \cdot \frac{s^3}{12}$$

$$I_2 = \frac{\pi (d_a^4 - d_i^4)}{128} - \frac{(d_a^3 - d_i^3)^2}{\pi 18 (d_a^2 - d_i^2)}$$

$$I_x = (e_1^2 \cdot A_1 + I_1) + (e_2^2 \cdot A_2 + I_2)$$

### 3.3.6 Renfort du manteau par demi-tubes

L'effet de renfort de canaux de chauffage et refroidissement selon Fig. 303a peut être pris en compte dans le calcul du manteau entier.

- Calcul contre le voilement élastique. Dans la formule 303.1, la pression  $p$  par rapport aux moments d'inertie de surface avec et sans renfort, rapportée à l'axe actuel du centre de gravité  $x - x$  resp.  $x_2 - x_2$  est alors plus grande.
- Calcul contre la déformation plastique. Dans la formule 303.4, la pression  $p$  par rapport aux sections du réservoir avec et sans renfort est alors plus grande.

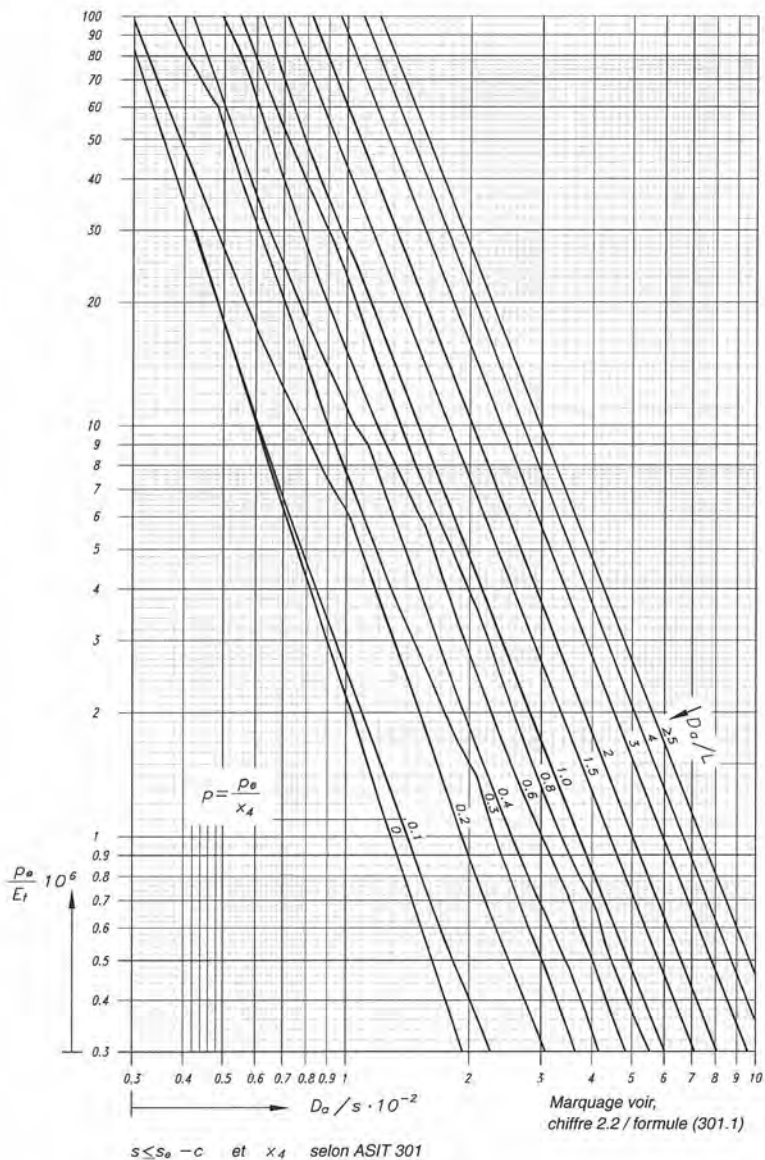
## 4. Affaiblissement dû aux ouvertures

Si les cylindres sont affaiblis par des ouvertures, les conditions de l'ASIT 316 sont aussi applicables.

## 5. Epaisseur de paroi minimale

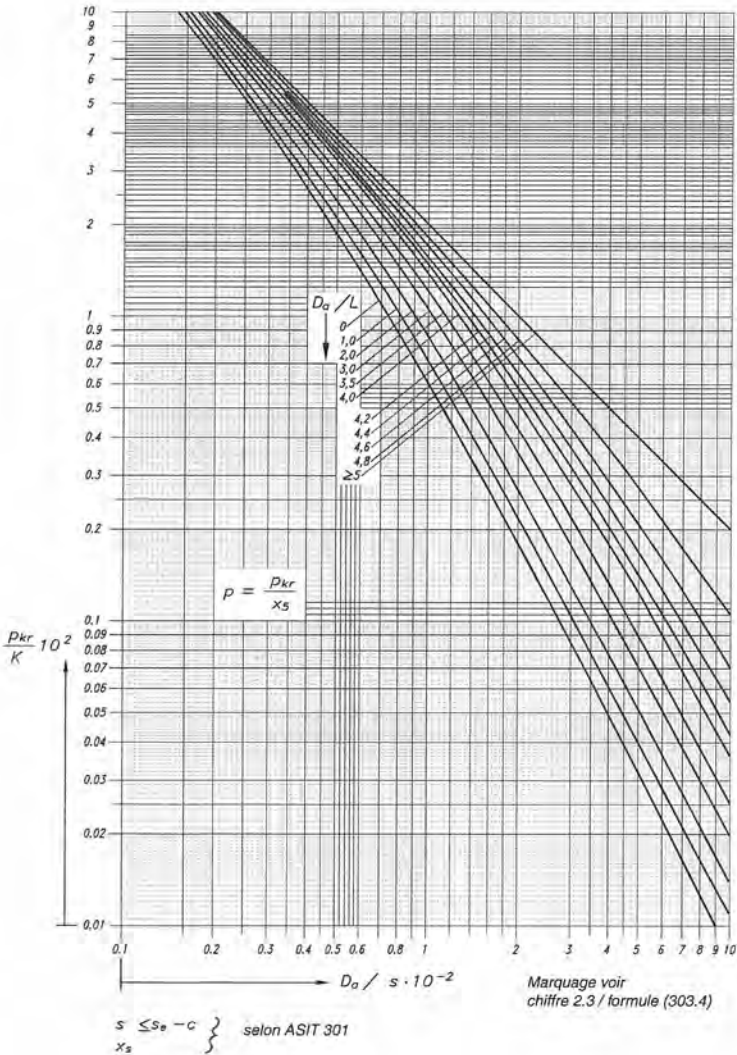
Les épaisseurs de parois minimales sont fixées dans l'ASIT 301.

**Tableau 303A** Voilement élastique, calcul de la pression de voilement  $p_e$



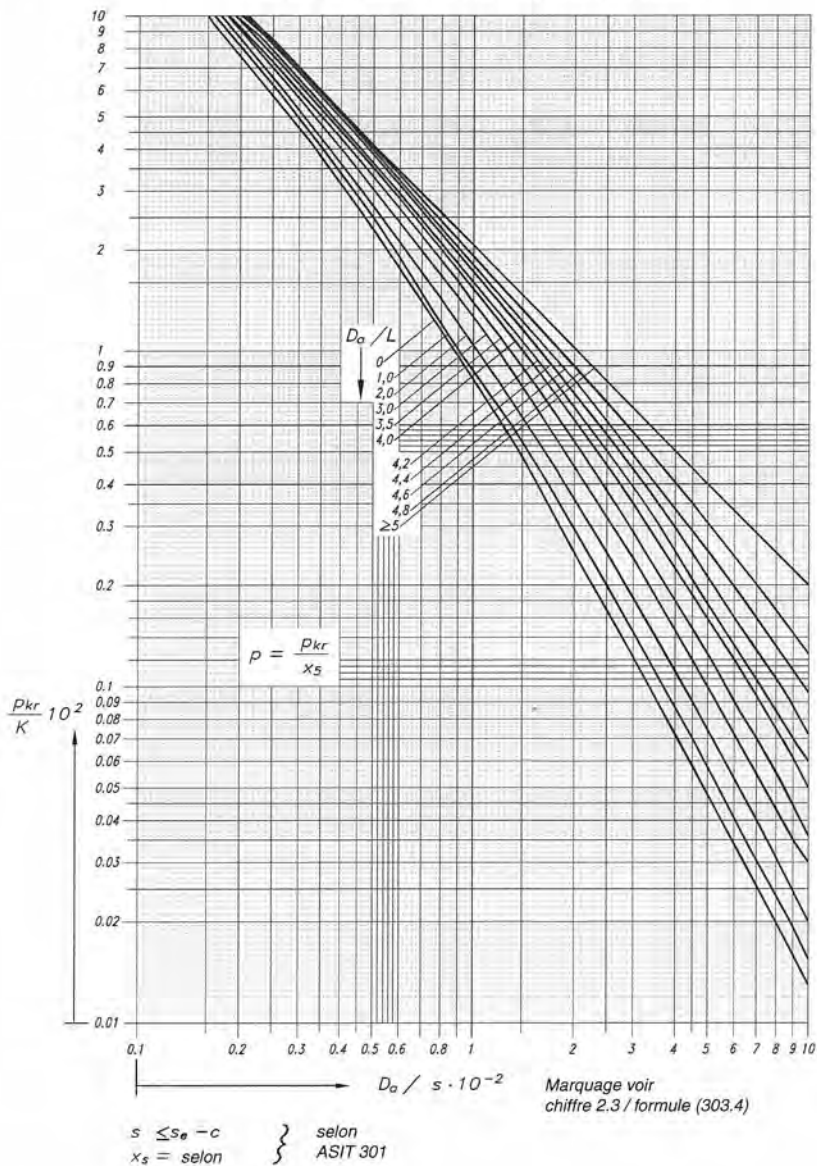
**Tableau 303B**

Déformation plastique, calcul de la pression critique  $p_{kr}$  pour  $u = 1,5\%$  d'écart de forme



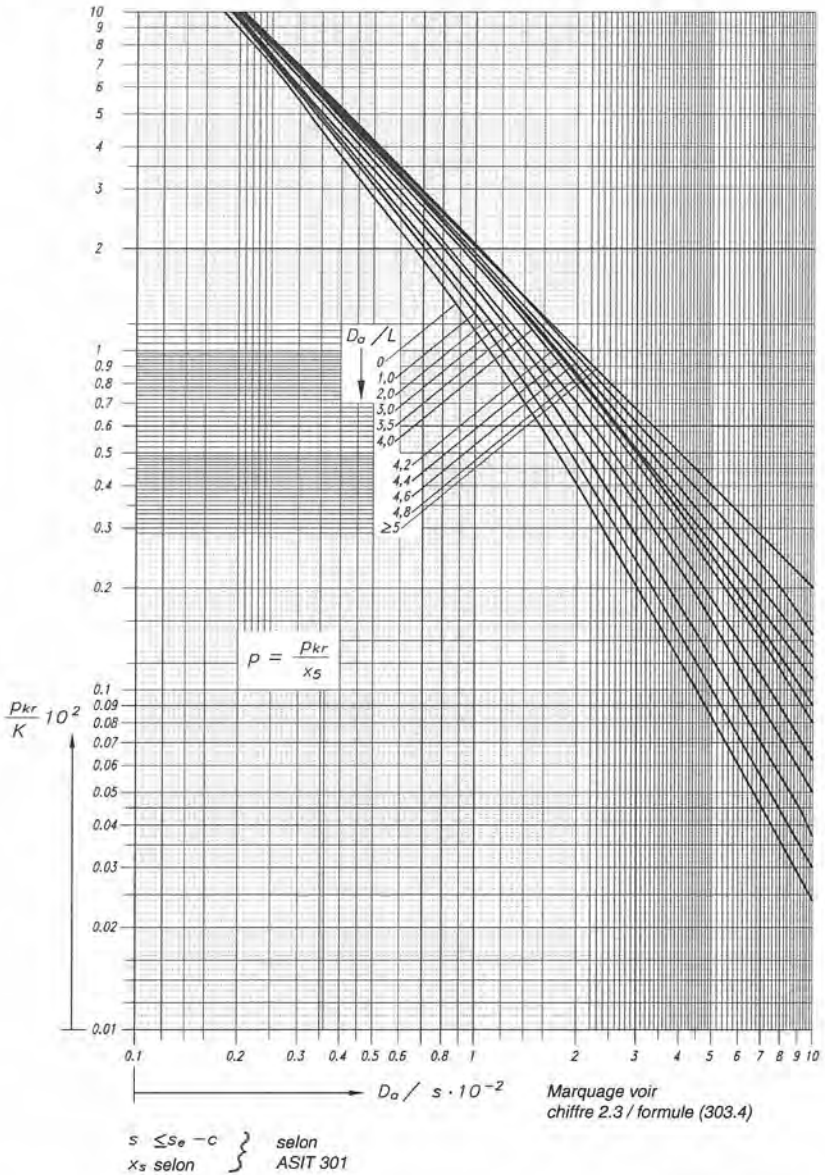
**Tableau 303C**

Déformation plastique, calcul de la pression critique  $p_{kr}$  pour  $u = 1,0\%$  d'écart de forme



**Tableau 303D**

Déformation plastique, calcul de la pression critique  $p_{kr}$  pour  $u = 0,5\%$  d'écart de forme





## Table des matières

	Page
1. Domaine de validité .....	1
2. Calcul des tubes-foyers ondulés .....	2
3. Raccord entre tube ondulé et tube lisse .....	3
4. Epaisseurs de parois admissibles .....	3
5. Écarts dimensionnels admissibles .....	3

### 1. Domaine de validité

- 1.1 Pour le dimensionnement des tubes-foyers, les conditions suivantes sont à observer:
- 1) Pour le calcul, seule la limite d'élasticité du matériau à la température de calcul est déterminante.
  - 2) La température à utiliser dans le calcul est la température de la vapeur saturée à la pression effective de service augmentée de 50 °C, mais un minimum de 250 °C.
  - 3) Un supplément de construction  $c_3$  de 1 mm doit toujours être pris en compte.
  - 4) Les écarts dimensionnels admissibles sont indiqués au chiffre 5.
- 1.2 Les tubes-foyers ondulés sont à calculer avec les formules du chiffre 2.
- 1.3 Les tubes-foyers lisses sont à dimensionner selon ASIT 303, les dispositions du chiffre 1.1 de cette prescription devant être respectées.
- 1.4 Pour la fabrication de tubes-foyers ondulés, le fabricant a besoin d'un agrément de procédé correspondant selon ASIT 505/Programme spécial.

## 2. Calcul des tubes-foyers ondulés

2.1 La formule de calcul est:

$$s = \frac{p \cdot D_{\min} \cdot b}{2 \cdot f' \cdot W_L} \quad (304.1)$$

où  $f' = \frac{R_e}{3,6}$  en  $N/mm^2$

$s_e \geq s + c$  selon ASIT 301

$s$  = épaisseur de paroi en mm, sans supplément

$p$  = pression effective de calcul en  $N/mm^2$  selon ASIT 301

$D_{\min}$  = plus petit diamètre intérieur en mm

$b$  = distance entre ondulations en mm

$h_w$  = profondeur de l'ondulation en mm

$R_e$  = limite élastique minimale garantie en  $N/mm^2$  à la température de calcul

1) aciers ferritiques, valeur à 0,2%

2) aciers austénitiques, valeur à 1,0%

$W_L$  = longueur développée d'une ondulation en mm

$c$  = supplément d'épaisseur de paroi en mm selon ASIT 301, où  $c_3 = 1$  mm selon chiffre 1.1 doit être pris en compte en plus

$s_e$  = épaisseur de paroi choisie (nominale) en mm

2.2 Pour les formes les plus courantes de tubes ondulés selon la Fig. 304a, les valeurs pour  $b$ ,  $h_w$  et  $W_L$  sont données dans le tableau 304.A.

Fig. 304a

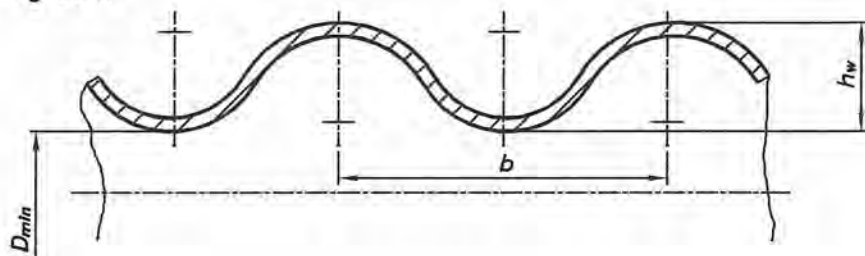


Tableau 304 A Tubes-foyers ondulés

Forme de tube ondulé	Profondeur d'ondulation $h_w$	Distance entre ondulations $b$	Longueur développée $W_L$
Tube ondulé Fox	50 mm	151 mm	170 mm
Tube ondulé Fox	75 mm	151 mm	207 mm
-Tube ondulé Fox	75 mm	200 mm	245 mm
Tube ondulé Morrison	50 mm	202 mm	217 mm

### 3. Raccord entre tube ondulé et tube lisse

- 3.1 Si un tube lisse est soudé à un tube ondulé, le calcul du tube lisse est à faire avec 1,5 fois la longueur du cylindre lisse.
- 3.2 La longueur de raccordement rectiligne de tubes ondulés ne doit pas être justifiée par le calcul si cette longueur ne dépasse pas la longueur «b» du tableau 304 A.

### 4. Epaisseurs de parois admissibles

- 4.1 La plus petite épaisseur de paroi admissible est:
  - 1) 10 mm pour les tubes ondulés
  - 2) 7 mm pour les tubes lisses
  - 3) Pour les chaudières avec  $p \cdot V \leq 3000$  (bar · litre), la plus petite épaisseur de paroi peut être inférieure à celle prévue sous l'alinéa 1 resp. 2, pour autant qu'elle soit supérieure au double de l'épaisseur de calcul.
- 4.2 La plus forte épaisseur de paroi admissible est:
  - 1) 22 mm pour les tubes-foyers lisses et ondulés
  - 2) 30 mm pour les autres éléments chauffés

### 5. Ecarts dimensionnels admissibles

- 5.1 Sur les tubes-foyers lisses et ondulés, les écarts dimensionnels admissibles par rapport à la consigne doivent être signalés dans un rapport de fabricant. La mesure est en général répétée à une distance de 1 m chaque fois.
- 5.2 Défauts de circularité (explications voir ASIT 303)
  - a) tube lisse 1,5% mais pas plus de 15 mm
  - b) tube ondulé 1,0%

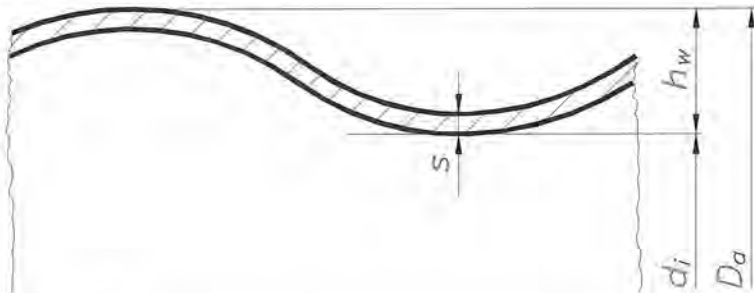
**5.3 Circonférence extérieure de consigne**

- a) Tube lisse
  - 1) Aux extrémités des viroles jusqu'à une longueur de 25 mm  $\pm 15$  mm
  - 2) pour le reste de la partie  $+ 0 / - 75$  mm
- b) Tube ondulé
  - 1) dans la partie non ondulée  $\pm 15$  mm
  - 2) dans la partie ondulée  $+ 0 / - 75$  mm

**5.4 Tubes-foyers ondulés**

La profondeur de consigne de l'ondulation  $h_w$  ne doit pas être inférieure à 10 mm.

La tolérance du diamètre intérieur  $d_i$  et du diamètre extérieur  $D_a$  rapportée à la cote de consigne est  $\pm 20$  mm.

**5.5 Rectitude**

L'écart par rapport à la ligne droite peut atteindre pour les tubes-foyers lisses et ondulés 0,3% de la longueur cylindrique de la virole.

**5.6 Epaisseurs de parois**

- a) Dans les tubes-foyers lisses et ondulés, les tolérances admissibles des tôles sont celles de l'ASIT 301.
- b) Dans les tubes-foyers ondulés, on a :
  - 1) L'épaisseur moyenne de la paroi doit correspondre sur un pas de l'ondulation au moins à l'épaisseur nominale de la paroi.
  - 2) Des valeurs inférieures sont limitées sur un pas de l'ondulation jusqu'à 10% de l'épaisseur nominale.

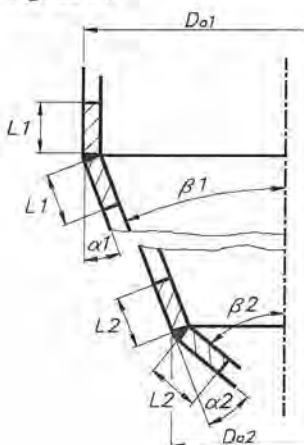
**Table des matières**

	Page
1. Domaine de validité . . . . .	1
2. Principes de base . . . . .	1
3. Calcul à la pression intérieure . . . . .	2
4. Calcul à la pression extérieure . . . . .	6
5. Affaiblissement dû aux ouvertures . . . . .	9
6. Epaisseur de paroi minimale . . . . .	9

**1. Domaine de validité**

- 1.1 Les formules de calcul ci-après sont applicables aux viroles coniques en symétrie de rotation avec un demi-angle d'ouverture  $\beta \leq 70^\circ$  selon la Fig. 305a ou  $\beta > 70^\circ$  selon la Fig. 305c.
- 1.2 La liaison avec l'élément adjacent est faite soit par un assemblage d'angle, soit par une carre de raccordement avec un angle  $\alpha$  selon la Fig. 305a.

**Fig. 305a**



- $D_a$  = plus grand diamètre extérieur du cône concerné en mm
- $\beta$  = demi-angle d'ouverture du cône
- $\alpha$  = angle d'inclinaison
- $L$  = longueur de la zone de transition en mm

*Remarques*

- Index 1 pour cône avec transition vers cylindre ou fond
- Index 2 pour cône avec transition vers un autre cône

**2. Principes de base**

- 2.1 L'épaisseur minimale de paroi dans la zone de transition (assemblage d'angle ou carre de raccordement) doit être respectée selon chiffre 3.1.2 et 3.1.3.

- 2.2 Pour un angle d'inclinaison  $\alpha \leq 60^\circ$  (voir Fig. 305a), les viroles coniques peuvent être réunies entre elles ou avec une virole cylindrique ou un fond par un assemblage d'angle, en respectant les dispositions suivantes:
- 1) Si  $\alpha > 20^\circ$ , la soudure d'angle doit être soit reprise à l'envers, soit la preuve de l'équivalence doit être apportée par un essai non destructif avec une étendue au sens des modes de contrôle P1 à P3 selon ASIT 506, indépendamment du facteur de soudure  $z = 1$  ou 0,85.
  - 2) Si  $\alpha > 35^\circ$ , la transition en tant que soudure d'angle n'est admise que si les dispositions suivantes sont respectées, sinon la soudure d'angle doit être exécutée en tant que carre de raccordement.
    - a) pour une temp. de calcul  $\leq 120^\circ\text{C}$  avec  $p \cdot V \leq 50\,000$  (bar · litre) et  $p \leq 6$  bar
    - b) pour une temp. de calcul  $> 120^\circ\text{C}$  à  $200^\circ\text{C}$  avec  $p \cdot V \leq 20\,000$  (bar · litre) et  $p \leq 6$  bar
- 2.3 Pour un angle d'inclinaison  $\alpha > 60^\circ$  la zone de transition sera exécutée en tant que carre de raccordement.

### 3. Calcul à la pression intérieure

#### 3.1 Cône avec demi-angle d'ouverture $\beta \leq 70^\circ$

- 3.1.1 L'épaisseur de paroi du cône hors de la zone de transition L (selon Fig. 305a) est à déterminer comme suit:

$$s = \frac{D_a \cdot p}{(2 \cdot f \cdot z + p) \cdot \cos \beta} \quad (305.1)$$

$s_e \geq s + c$  selon ASIT 301

$s$  = épaisseur de paroi en mm sans supplément  $c$

$D_a$  = plus grand diamètre extérieur en mm

$\beta$  = demi-angle d'ouverture (voir Fig. 305a)

$p$  = pression effective de calcul en  $\text{N/mm}^2$

$f$  = contrainte admissible en  $\text{N/mm}^2$

$z$  = facteur de soudure

$c$  = supplément en mm

$s_e$  = épaisseur de paroi choisie (nominale) en mm

} selon ASIT 301

3.1.2 L'épaisseur de paroi à l'intérieur de la zone de transition L (selon Fig. 305a) est à déterminer comme suit:

$$s = \frac{p \cdot D_a \cdot a}{2 \cdot f \cdot z} \quad (305.2)$$

s = épaisseur de paroi en mm sans supplément c

D<sub>a</sub> = plus grand diamètre extérieur en mm

a = coefficient de calcul (fonction de β et r<sub>i</sub> / D<sub>a</sub>) selon tableau 305 A

Symboles de formule p, f, z, c et s<sub>e</sub> selon chiffre 3.1.1

**Tableau 305 A Coefficient de calcul a**

β	Rapport r <sub>i</sub> /D <sub>a</sub> *3									
	*1 < 0,06	*2	≥ 0,06	≥ 0,08	≥ 0,10	≥ 0,15	≥ 0,20	≥ 0,30	≥ 0,40	0,50
10°	0,70		0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	Fonds hémisphériques selon ASIT 308
20°	1,00		0,70	0,65	0,60	0,55	0,55	0,55	0,55	
30°	1,35		0,90	0,85	0,80	0,70	0,65	0,55	0,55	
45°	2,05		1,30	1,20	1,10	0,95	0,90	0,70	0,55	
60°	3,20		2,00	1,75	1,60	1,40	1,25	1,00	0,70	
70°	6,80		3,85	3,50	3,15	2,70	2,40	1,55	1,00	

1\* Les valeurs d'angle intermédiaires sont à interpoler.

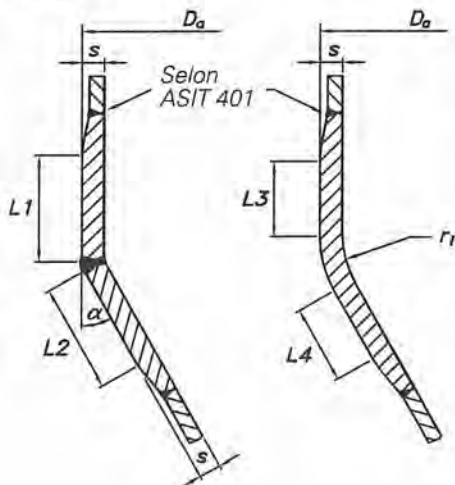
2\* Assemblage d'angle resp. < 0,06.

3\* r<sub>i</sub> = Rayon voir Fig. 305 b

### 3.1.3 Exigences pour la zone de transition

- 1) L'épaisseur de paroi ne doit pas être inférieure à celle calculée avec la formule (305.2).
- 2) La longueur minimale L de la zone de transition est à déterminer selon la Fig. 305b en fonction de l'exécution avec assemblage d'angle ou avec carre.

**Fig. 305b**



$$r_i \geq 0,06 D_a \text{ pour } D_a \leq 1600 \text{ mm}$$

$$r_i \geq 100 \text{ mm pour } D_a > 1600 \text{ mm}$$

$$L1 = \sqrt{D_a \cdot s}$$

$$L2 = \sqrt{D_a \cdot s / \cos \alpha}$$

$$L3 = 0,5 \cdot \sqrt{D_a \cdot s}$$

$$L4 = 0,7 \cdot \sqrt{D_a \cdot s / \cos \alpha}$$



**3.2 Cône avec demi-angle d'ouverture  $\beta > 70^\circ$**

Les viroles coniques plates avec  $\beta > 70^\circ$  selon la Fig. 305c sont à dimensionner avec la formule suivante:

$$s = 0,5 \cdot (D_a - r_i) \cdot \frac{\beta}{90} \cdot \sqrt{\frac{p}{f \cdot z}} \tag{305.3}$$

$s_e \geq s + c$  selon ASIT 301

$s$  = épaisseur de paroi en mm sans supplément  $c$

$D_a$  = diamètre extérieur en mm

$\beta$  = demi-angle d'ouverture

$p$  = pression effective de calcul en  $N/mm^2$

$f$  = contrainte admissible en  $N/mm^2$

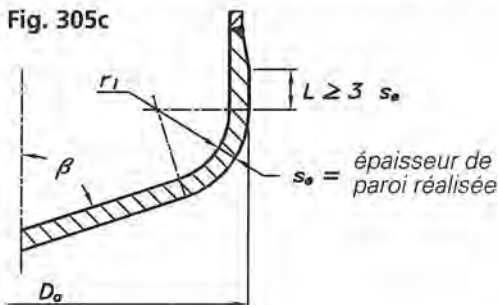
$z$  = facteur de soudure \*1

$c$  = supplément

} selon ASIT 301

\*1  $z = 1$  en l'absence de soudure méridienne dans le cône; autrement,  $z = 1$  ou  $0,85$  en fonction de l'étendue des contrôles exécutés selon ASIT 506.

**Fig. 305c**



## 4. Calcul à la pression extérieure

- 4.1 Le dimensionnement à la pression extérieure doit prendre en compte aussi bien les sollicitations de la carre ou de l'assemblage d'angle selon les chiffres 3.1 et 3.2 que la tenue aux efforts et au voilement du cône selon le chiffre 4.5.
- 4.2 L'épaisseur de paroi du cône doit satisfaire aux chiffres 3.1 et 3.2, où la contrainte  $f$  est remplacée par la contrainte  $f'$  en appliquant un facteur de sécurité  $x_5$  au lieu de  $x_2$  resp.  $x_3$  selon ASIT 301.
- 4.3 Le facteur de soudure  $z$  peut être introduit généralement avec 1.
- 4.4 Pour les appareils de la catégorie de conception 1, il faut tenir compte du supplément de construction  $c_3$  de 1 mm.
- 4.5 En fonction du facteur de forme  $F$ , la stabilité du cône est à vérifier en fonction des dimensions géométriques selon la Fig. 305d sous la pression extérieure selon les chiffres 4.6 resp. 4.7, soit:

- a) selon chiffre 4.6 pour  $L > F$  bzw. b) selon chiffre 4.7 pour  $L \leq F$

$$F = 0,18 \sqrt{D_f^3 / s} \quad (305.4)$$

$$D_f = \frac{D_{a1} + D_{a2}}{2 \cdot \cos \beta} \quad (305.5)$$

$D_f$  = diamètre de calcul en mm selon la Fig. 305d

$D_a$  = diamètre extérieur du cône en mm selon la Fig. 305b

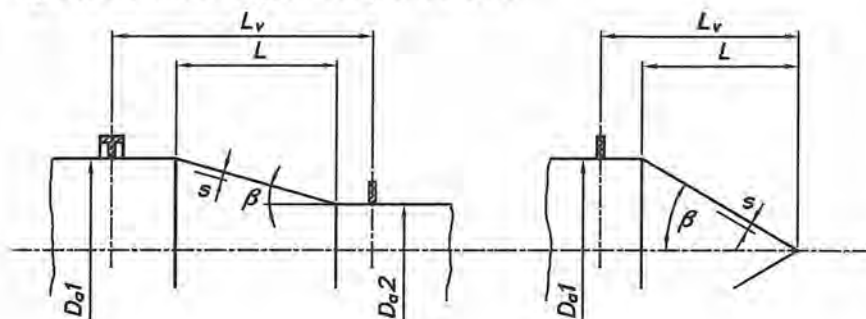
$s$  = épaisseur de paroi en mm sans supplément  $c$  ( $s \leq s_e - c$ )

$s_e$  = épaisseur de paroi choisie (nominale) en mm

$c$  = supplément selon chiffre 4.4 et ASIT 301

$\beta$  = demi-angle d'ouverture

Fig. 305d Grandeurs géométriques du cône



#### 4.6 Cône avec longueur axiale $L > F$ (F selon chiffre 4.5)

Pour les cônes selon Fig. 305d avec une longueur axiale  $L$  resp.  $L_v > F$ , le calcul au voilement élastique selon ASIT 303 est à exécuter. Cette vérification se fait en utilisant un cylindre équivalent de diamètre  $D_f$  selon chiffre 4.5.

4.6.1 Si le cône est suffisamment renforcé radialement aux deux extrémités, on utilisera  $L$  comme longueur axiale.

Sont considérés comme renforcement suffisants:

- 1) les anneaux de renforcement soudés en extrémité de cône, si les conditions selon ASIT 303 sont remplies.
- 2) les extrémités de cône avec carre, avec zone de transition égale à  $1,5 \times$  fois l'épaisseur de paroi du cône
- 3) les extrémités de cône avec carre, avec demi-angle d'ouverture  $\beta > 45^\circ$

4.6.2 Si les conditions selon chiffre 4.6.1 ne sont pas remplies, la longueur axiale  $L$  est augmentée à  $L_v$  selon la Fig. 305d. Le renforcement doit satisfaire aux conditions de l'ASIT 303.

#### 4.7 Cône avec longueur axiale $L \leq F$

Pour les cônes selon Fig. 305d avec une longueur axiale  $L$  resp.  $L_v \leq F$ , le calcul au voilement et la tenue aux efforts est vérifié comme suit:

- a) selon chiffre 4.7.1 (raccordement élastique) pour  $s > s_g$  resp.
- b) selon chiffre 4.7.2 (raccordement plastique) pour  $s \leq s_g$

L'épaisseur limite de paroi  $s_g$  calculée avec la formule (305.6) est comparée à l'épaisseur de paroi choisie du cône  $s$ .

$$s_g = \frac{0,58}{\cos \beta} \left[ \frac{R_e \cdot L_a^2}{E_t} \cdot D_f \right]^{\frac{1}{3}} \quad (305.6)$$

$s_g$  = épaisseur limite de paroi en mm

$\beta$  = demi-angle d'ouverture

$R_e$  = limite élastique minimale garantie en  $N/mm^2$  à la température de calcul selon ASIT 301

( $R_t$  au lieu de  $R_e$ , si le dimensionnement se fait avec la résistance au fluage)

$L_a$  = longueur de calcul resp.  $L$  ou  $L_v$  selon Fig. 305 d en mm

$E_t$  = module d'élasticité à la température de calcul en  $N/mm^2$ .

Le module d'élasticité est à tirer de la prescription ASIT de la section 200 ou de la norme de matériau correspondante.

$D_f$  = diamètre de calcul en mm selon chiffre 4.5

### 4.7.1 Pression extérieure admissible (déformation élastique)

$$p = \frac{p_e}{x_4} = T_e \cdot \frac{2 \cdot s}{x_4 \cdot D_f} \quad (305.7)$$

$p$  = pression extérieure admissible en  $N/mm^2$

$p_e$  = pression de voilement (pression effective) en  $N/mm^2$

$x_4$  = facteur de sécurité contre le voilement élastique selon ASIT 301

$s$  = épaisseur de paroi en mm sans supplément  $c$  ( $s \leq s_e - c$ )

$s_e$  = épaisseur de paroi choisie (nominale) en mm

$c$  = supplément selon ASIT 301; pour des appareils de la catégorie de conception 1, tenir compte de

$c_3 = 1$  mm.

$D_f$  = diamètre de calcul en mm selon chiffre 4.5

$T_e$  = contrainte de voilement élastique réduite en  $N/mm^2$

$$T_e = \frac{0,63 \cdot E_t \cdot s}{\sqrt{1 + 0,5 \frac{D_f}{s} \cdot D_a}} \quad (305.8)$$

$E_t$  = module d'élasticité à la température de calcul en  $N/mm^2$ .

Le module d'élasticité est à tirer de la prescription ASIT de la section 200 ou de la norme de matériau correspondante.

$D_a$  = plus grand diamètre extérieur en mm

**4.7.2 Pression extérieure admissible (déformation plastique)**

$$p = \frac{p_{kr}}{x_5} = \frac{2 \cdot K}{x_5 \cdot \frac{D_f}{s \cdot \cos \beta}} \quad (305.9)$$

$p$  = pression extérieure admissible en  $N/mm^2$

$p_{kr}$  = pression effective critique en  $N/mm^2$

$x_5$  = facteur de sécurité contre la déformation plastique selon ASIT 301

$K$  = coefficient minimal tiré de  $K_a$  resp.  $K_b$  en  $N/mm^2$

$K_a$  =  $R_e$  resp.  $R_t$  à la température de calcul selon ASIT 301

$$K_b = R \cdot \left( 1,28 - 0,55 \cdot \sqrt{\frac{R}{T_e}} \right) \quad (305.10)$$

$R$  =  $R_e$  resp.  $R_t$

$s$  = épaisseur de paroi en mm sans supplément  $c$  ( $s \leq s_e - c$ )

$s_e$  = épaisseur de paroi choisie (nominale) en mm

$\beta$  = demi-angle d'ouverture selon Fig. 305 d

$T_e$  = contrainte de voilement élastique réduite en  $N/mm^2$  selon (305.8)

$c$  = supplément selon ASIT 301; pour des appareils de la catégorie de conception 1, tenir compte de  $c_3 = 1$  mm.

**5. Affaiblissement dû aux ouvertures**

Si les cônes sont affaiblis par des ouvertures, les conditions de l'ASIT 316 sont également à appliquer.

**6. Epaisseur de paroi minimale**

Les épaisseurs de paroi minimales admises sont fixées dans ASIT 301.

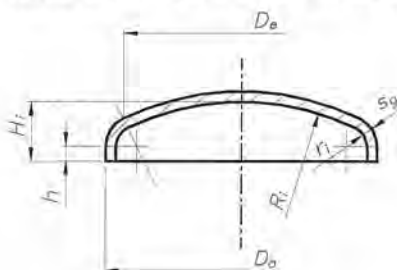
## Table des matières

	Page
1. Domaine de validité .....	1
2. Principe de base .....	2
3. Soudure des fonds .....	3
4. Calcul .....	5
5. Affaiblissement dû aux ouvertures .....	12
6. Forces externes .....	12
7. Epaisseurs de parois minimales .....	12

### 1. Domaine de validité

- 1.1 On distingue entre deux formes de fond, le fond à deux rayons et le fond elliptique. Pour les fonds à deux rayons, quelques formes sont normalisées, voir tableau 307 A.
- 1.2 Les règles de calcul de la prescription 307 s'appliquent à toutes les formes de fond, pour autant que les conditions de forme ci-après soient respectées Fig. 307a.

**Fig. 307a Conditions de forme pour fonds**



$$m = R_i / D_a$$

$$n = r_i / D_a$$

$R_i$  = rayon de calotte

$r_i$  = rayon de carre

$D_a$  = diamètre extérieur du fond

$H_i$  = profondeur du fond (cote intérieure)

$h$  = hauteur cylindrique du bord, au moins selon chiffre 2.1

$D_e$  = diamètre de raccordement carre/calotte pour calcul d'ouvertures selon ASIT 316

$s_g$  = épaisseur de paroi minimale garantie où  $s_g \geq s + c$

Remarques au sujet des restrictions de forme

$$R_i \leq D_a \quad *1$$

$$0,08 R_i \leq r_i \leq 0,1 D_a \quad *1 *4$$

$$0,003 \leq s_g / D_a \leq 0,08 \quad *3 *6$$

**Tableau 307 A Forme des fonds à deux rayons**

	<i>Fonds bombés décim.</i>	<i>Fonds Beta</i>	<i>Fonds en anse de panier</i>	<i>Fonds quelconques à deux rayons</i>
m	1,0	0,95	0,8	$R_i / D_a$
n	0,1	0,15	0,154	$r_i / D_a$
Norme	DIN 28011	–	DIN 28013	–
Restrictions de forme	*1 *4 *6	*1 *4	*1 *4 *6	*1 *2 *3 *4 *5

\*1 Condition valable pour fonds à deux rayons.

\*2 Condition valable pour fonds elliptiques.

\*3 Condition valable pour les deux formes de fond.

\*4 Pour les «fonds à deux rayon» avec un rapport  $r_i/R_i < 0,1$ , sous la condition  $s \geq 0,006 D_a$ , des rayons de carre plus petits jusqu'à  $r_i = 0,08 D_a$  sont admis.

\*5 Pour les fonds elliptiques, le rapport  $H/D_i$  ne doit pas être inférieur à 0,14.

\*6 Pour les fonds normalisés du tableau 307 A selon DIN, le degré d'éclatement  $s/D_a$  peut être inférieur à 0,003 en respectant l'indication du chiffre 2.7.

## 2. Principe de base

2.1 Les fonds doivent être exécutés avec un bord cylindrique h selon Fig. 307a. Les hauteurs de bord minimales h en fonction de l'épaisseur de paroi garantie  $s_g$  sont à respecter, soit:

$$s_g \leq 40 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad h \geq 3 \cdot s_g$$

$$40 \leq s_g \leq 150 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad h \geq 145 - 0,64 s_g$$

$$s_g > 150 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad h \geq 50$$

2.2 En dérogation au chiffre 2.1, des hauteurs de bord inférieures sont admises si les soudures de raccordement sont soumises selon un facteur de soudure  $z = 1$  à un contrôle non destructif selon ASIT 506 comme pour une soudure bout à bout entièrement sollicitée.

2.3 Le certificat de matière doit toujours être accompagné d'une attestation de formage établie par le fabricant mentionnant l'épaisseur de paroi minimale garantie  $s_g$  mesurée sur le fond.

2.4 L'épaisseur de paroi minimale garantie  $s_o$  doit être déterminée selon la prescription ASIT 301 comme suit:  $s_o = s + c \leq s_g$ . En dérogation avec la prescription 301, le supplément  $c_1$  n'est pas à prendre en compte.

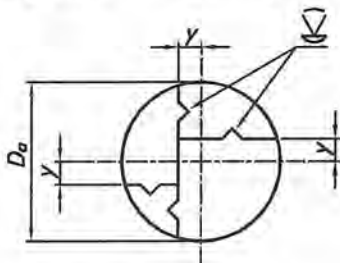
- 1) L'épaisseur de paroi minimale garantie  $s_g$  doit figurer dans l'attestation de formage selon le chiffre 2.3.
  - 2) Dans les dessins de construction, l'épaisseur de paroi minimale garantie  $s_g$  des fonds ou parties de fond doit être indiquée en plus.
  - 3) Si les rondelles sont fournis à l'atelier de formage, le fournisseur doit convenir du supplément de formage  $c_1'$  avec l'atelier de formage de façon que les conditions de l'alinéa 1) soient respectées.
- 2.5 Les traitements thermiques nécessaires pour les fonds en aciers ferritiques et austénitiques sont donnés dans l'ASIT 402. Le traitement thermique effectué doit être confirmé dans l'attestation de formage.
- 2.6 Le calcul de la calotte selon le chiffre 4.4 est seulement nécessaire pour:
- 1) les fonds composés de flans et segments selon Fig. 307c
  - 2) la détermination de l'épaisseur de paroi minimale lors du calcul pour des ouvertures selon l'ASIT 316.
- 2.7 Pour les fonds avec un degré d'élanement  $\lambda < 0,003$  selon chiffre 4.2, la sécurité contre le voilement de la zone de carre selon le chiffre 4.5 doit être vérifiée en plus du dimensionnement selon chiffre 4.1.

### **3. Soudure des fonds**

- 3.1 En liaison avec la soudure circulaire reliant le fond avec l'élément adjacent, aucun facteur de soudure n'est à prendre en compte dans le calcul du fond, si la hauteur du bord selon chiffre 2.1 est respectée ( $z = 1$ ).
- 3.2 Pour des appareils constitués de deux fonds soudés directement ensemble (sans virole cylindrique supplémentaire), les bords cylindriques avec la soudure circulaire sont considérés comme un cylindre soudé.
- 3.3 Les soudures ne doivent en règle générale pas être interrompues par des ouvertures dans la zone de la calotte  $\leq 0,6 D_a$ . Si la construction l'exige, cette soudure doit être soumise à un contrôle non destructif selon ASIT 506 comme une soudure entièrement sollicitée ( $z = 1$ ).
- 3.4 Toutes les soudures de fonds assemblés en plusieurs parties et les rondelles de départ sont à exécuter avec reprise à l'envers.
- 3.5 Si des rondelles pour fonds bombés sont assemblées en plusieurs parties selon Fig. 307b, les soudures ne doivent pas être éloignées de la méridienne de plus de 20%.



Fig. 307 b Rondelle pour fond avec soudure



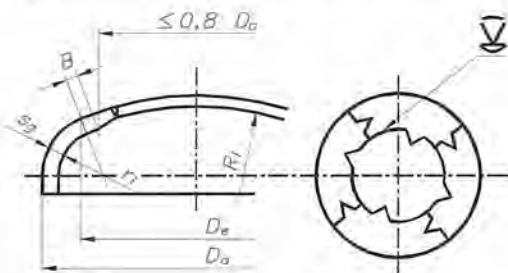
Conditions:

$$y \leq 0,2 D_a$$

$$z = 1, \text{ si le chiffre 3.6 est observé}$$

- 3.6 L'étendue de contrôle des soudures des rondelles pour fond est défini par l'ASIT 506, Tab. 506 E, et le facteur de soudure  $z$  peut être admis = 1.
- 3.7 L'exécution des contrôles selon chiffre 3.6 et leur acceptation est à confirmer par le fabricant du fond dans l'attestation de formage.  
Pour les rondelles livrées, le contrôle est à effectuer par l'organisation de contrôle dans l'atelier du fabricant.
- 3.8 Pour les fonds composés de segments pressés et de flans en dérogation du chiffre 3.5 selon la Fig. 307c, les soudures sont à contrôler selon le facteur de soudure  $z = 1,0$  ou  $0,85$  selon ASIT 506 comme une soudure longitudinale.

Fig. 307 c Fonds composés de flans et segments



Conditions:

$$B \geq 0,5 \sqrt{R_1 \cdot s_g}$$

$$z = 1 \text{ ou } 0,85 \text{ selon}$$

chiffre 3.8

$$s_g = \text{selon chiffre 2.4}$$

$$D_e = \text{selon chiffre 1.2}$$

## 4. Calcul

### 4.1 Carre d'un fond bombé

$$s = \frac{p \cdot D_a \cdot g}{2 \cdot f \cdot z} \leq s_o \quad (307.1)$$

$s_g \geq s_o = s + c$  selon ASIT 301

$s_g$  = épaisseur minimale garantie sur le fond terminé en tenant compte du chiffre 2.4

$s$  = épaisseur de paroi en mm sans supplément  $c$

$p$  = pression effective de calcul en  $N/mm^2$  selon ASIT 301

$D_a$  = diamètre extérieur en mm

$g$  = facteur de forme selon chiffre 4.3

$f$  = contrainte admissible en  $N/mm^2$

$c$  = supplément en mm (ASIT 307, chiffre 2.4)

$z$  = facteur de soudure (ASIT 307, chiffre 3.6 resp. 3.8) } selon ASIT 301

### 4.2 Degré d'élançement $\lambda$

Le degré d'élançement d'un fond est le rapport de l'épaisseur de paroi minimale garantie  $s_g$  selon chiffre 2.3 et le diamètre extérieur  $D_a$

Le degré d'élançement d'un fond se calcule comme suit:

$$\lambda = \frac{s}{D_a} \quad (307.2)$$

$\lambda$  = degré d'élançement

Symboles de formule pour  $s$  et  $D_a$  voir chiffre 4.1

### 4.3 Facteur de forme

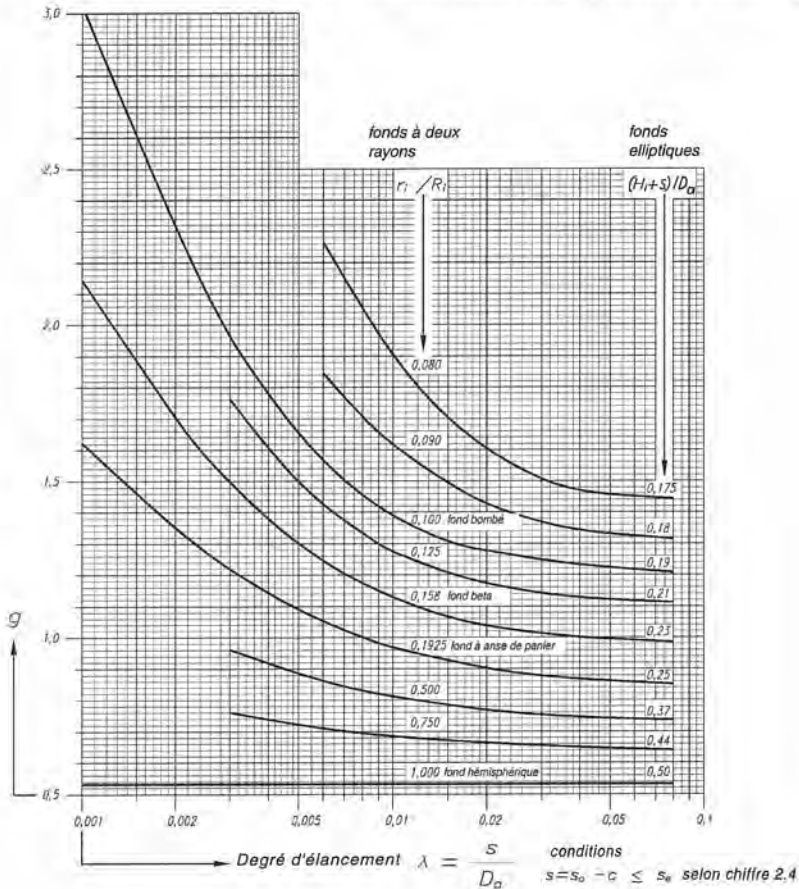
Le facteur de forme  $g$  pour un type de fond donné dépend du degré d'élançement et se détermine comme suit:

- 1) à l'aide du diagramme 307 B resp. tableau 307 C resp.
- 2) en utilisant la formule du tableau 307 D

### Diagramme 307 B Facteur de forme g

- 1) Le diagramme est valable sous réserve des restrictions de forme selon chiffre 1.2 pour tous les fonds.
- 2) Pour les fonds elliptiques, le paramètre  $(H_i + s) / D_a$  est déterminant, sous réserve des conditions de forme pour  $(H_i + s) / D_a - 2 \cdot s > 0,14$ .

Les valeurs intermédiaires pour g peuvent être interpolées.



**Tableau 307 C Facteur de forme g pour les fonds normalisés**

Do- maine	s / D <sub>a</sub>	Fonds bombés décim.	Fonds Beta	Fonds en anse de panier	Do- maine	s / D <sub>a</sub>	Fonds bombés décim.	Fonds Beta	Fonds en anse de panier	Do- maine	s / D <sub>a</sub>	Fonds bombés décim.	Fonds Beta	Fonds en anse de panier	
		g	g	g			g	g	g			g	g	g	
1	0,0010	3,029	2,147	1,622	3	0,0060	1,551	1,240	1,054	4	0,0175	1,285	1,050	0,909	
	0,0011	2,918	2,080	1,581		0,0062	1,539	1,232	1,048		0,0180	1,281	1,047	0,907	
	0,0012	2,820	2,021	1,545		0,0064	1,528	1,224	1,042		0,0185	1,276	1,043	0,904	
	0,0013	2,732	1,968	1,512		0,0066	1,517	1,216	1,036		0,0190	1,272	1,040	0,902	
	0,0014	2,654	1,920	1,483		0,0068	1,507	1,209	1,031		0,0195	1,268	1,037	0,900	
	0,0015	2,583	1,877	1,456		0,0070	1,497	1,202	1,026		5	0,0200	1,264	1,034	0,897
	0,0016	2,518	1,837	1,431		0,0072	1,487	1,195	1,020			0,0205	1,263	1,033	0,896
	0,0017	2,459	1,800	1,408		0,0074	1,478	1,188	1,015			0,0210	1,262	1,032	0,895
	0,0018	2,404	1,766	1,387		0,0076	1,468	1,182	1,011			0,0215	1,260	1,031	0,893
	0,0019	2,354	1,735	1,367		0,0078	1,460	1,176	1,006			0,0220	1,259	1,029	0,892
	0,0020	2,307	1,706	1,348		0,0080	1,451	1,170	1,001	0,0225	1,258	1,028	0,891		
	0,0021	2,263	1,678	1,331		0,0082	1,443	1,164	0,997	0,0230	1,257	1,027	0,890		
	0,0022	2,222	1,653	1,314		0,0084	1,435	1,158	0,993	0,0235	1,256	1,026	0,889		
	0,0023	2,184	1,628	1,299		0,0086	1,427	1,153	0,989	0,0240	1,255	1,025	0,887		
	0,0024	2,147	1,606	1,284		0,0088	1,420	1,147	0,985	0,0245	1,254	1,024	0,886		
	0,0025	2,113	1,584	1,270		0,0090	1,412	1,142	0,981	0,0250	1,253	1,023	0,885		
	0,0026	2,081	1,563	1,257		0,0092	1,405	1,137	0,977	0,0255	1,252	1,022	0,884		
	0,0027	2,050	1,544	1,244		0,0094	1,398	1,132	0,973	0,0260	1,251	1,021	0,883		
	0,0028	2,021	1,525	1,223		0,0096	1,391	1,127	0,969	0,0265	1,250	1,020	0,882		
	0,0029	1,993	1,508	1,221		0,0098	1,385	1,122	0,966	0,0270	1,249	1,019	0,881		
2	0,0030	1,967	1,491	1,207	4	0,0100	1,378	1,118	0,962	0,0275	1,248	1,018	0,880		
	0,0032	1,924	1,466	1,192		0,0105	1,370	1,112	0,958	0,0280	1,247	1,017	0,879		
	0,0034	1,884	1,442	1,178		0,0110	1,362	1,106	0,953	0,0285	1,246	1,016	0,878		
	0,0036	1,848	1,421	1,165		0,0115	1,354	1,100	0,949	0,0290	1,245	1,015	0,877		
	0,0038	1,814	1,400	1,153		0,0120	1,347	1,095	0,945	0,0295	1,244	1,014	0,877		
	0,0040	1,782	1,381	1,142		0,0125	1,340	1,090	0,941	0,0300	1,244	1,013	0,876		
	0,0042	1,753	1,363	1,131		0,0130	1,334	1,085	0,937	0,0305	1,243	1,012	0,875		
	0,0044	1,725	1,347	1,121		0,0135	1,328	1,081	0,934	0,0310	1,242	1,012	0,874		
	0,0046	1,699	1,331	1,111		0,0140	1,322	1,077	0,930	0,0315	1,241	1,011	0,873		
	0,0048	1,674	1,316	1,102		0,0145	1,316	1,072	0,927	0,0320	1,240	1,010	0,872		
	0,0050	1,651	1,302	1,094		0,0150	1,310	1,068	0,924	0,0325	1,240	1,009	0,871		
	0,0052	1,629	1,288	1,086		0,0155	1,305	1,064	0,921	0,0330	1,239	1,008	0,871		
	0,0054	1,608	1,275	1,078		0,0160	1,300	1,061	0,918	0,0335	1,238	1,008	0,870		
	0,0056	1,588	1,263	1,070		0,0165	1,295	1,057	0,915	0,0340	1,237	1,007	0,869		
	0,0058	1,569	1,251	1,063		0,0170	1,290	1,053	0,912	0,0345	1,237	1,006	0,868		

Suite du tableau en page 8

Suite du tableau 307 C

Do- maine	s / D <sub>a</sub>	Fonds bombés décim. g	Fonds Beta g	Fonds en anse de panier g	Do- maine	s / D <sub>a</sub>	Fonds bombés décim. g	Fonds Beta g	Fonds en anse de panier g	Do- maine	s / D <sub>a</sub>	Fonds bombés décim. g	Fonds Beta g	Fonds en anse de panier g
5	0,0350	1,236	1,005	0,868	6	0,0500	1,121	0,994	0,858	6	0,0650	1,212	0,988	0,854
	0,0355	1,235	1,005	0,867		0,0510	1,121	0,994	0,858		0,0660	1,211	0,988	0,854
	0,0360	1,235	1,004	0,866		0,0520	1,120	0,993	0,857		0,0670	1,211	0,987	0,854
	0,0365	1,234	1,003	0,865		0,0530	1,219	0,993	0,857		0,0680	1,210	0,987	0,853
	0,0370	1,233	1,002	0,865		0,0540	1,218	0,992	0,857		0,0690	1,210	0,987	0,853
	0,0375	1,233	1,002	0,864		0,0550	1,218	0,992	0,857		0,0700	1,209	0,986	0,853
	0,0380	1,232	1,001	0,863		0,0560	1,217	0,992	0,856		0,0710	1,208	0,986	0,853
	0,0385	1,231	1,000	0,863		0,0570	1,216	0,991	0,856		0,0720	1,208	0,986	0,852
	0,0390	1,231	1,000	0,862		0,0580	1,216	0,991	0,856		0,0730	1,207	0,985	0,852
	0,0395	1,230	0,999	0,861		0,0590	1,215	0,990	0,855		0,0740	1,207	0,985	0,852
	0,0400	1,229	0,999	0,861		0,0600	1,215	0,990	0,855		0,0750	1,207	0,985	0,852
	0,0410	1,229	0,999	0,861		0,0610	1,214	0,990	0,855		0,0760	1,206	0,985	0,852
	0,0420	1,228	0,998	0,861		0,0620	1,213	0,989	0,855		0,0770	1,206	0,984	0,851
	0,0430	1,227	0,998	0,860		0,0630	1,213	0,989	0,854		0,0780	1,205	0,984	0,851
0,0440	1,226	0,997	0,860	0,0640	1,212	0,988	0,854	0,0790	1,205	0,984	0,851			
0,0450	1,225	0,996	0,860					0,0800	1,204	0,983	0,851			
0,0460	1,224	0,996	0,859											
0,0470	1,224	0,996	0,859											
0,0480	1,223	0,995	0,859											
0,0490	1,222	0,995	0,858											

Les valeurs g du tableau ont été déterminées à l'aide des formules des domaines 1 à 6 du diagramme 307 B.

Les valeurs intermédiaires de g peuvent être interpolées.

**Tableau 307 D Formules pour le calcul du facteur g selon diagramme 307 B**

Domaine	Degré d'élanement $\left(\frac{s}{D_a}\right)$		Facteur g		Fonds en anse de panier
	≥	<	Fonds bombés	Fonds Beta	
1	0,0010	0,0030	$0,2006 \left(\frac{s}{D_a}\right)^{-0,393}$	$0,2167 \left(\frac{s}{D_a}\right)^{-0,332}$	$0,2565 \left(\frac{s}{D_a}\right)^{-0,267}$
2	0,0030	0,0060	$0,2682 \left(\frac{s}{D_a}\right)^{-0,343}$	$0,3180 \left(\frac{s}{D_a}\right)^{-0,266}$	$0,3955 \left(\frac{s}{D_a}\right)^{-0,192}$
3	0,0060	0,0100	$0,4757 \left(\frac{s}{D_a}\right)^{-0,231}$	$0,4389 \left(\frac{s}{D_a}\right)^{-0,203}$	$0,4240 \left(\frac{s}{D_a}\right)^{-0,178}$
4	0,0100	0,0200	$0,7751 \left(\frac{s}{D_a}\right)^{-0,125}$	$0,6674 \left(\frac{s}{D_a}\right)^{-0,112}$	$0,6044 \left(\frac{s}{D_a}\right)^{-0,101}$
5	0,0200	0,0400	$1,0809 \left(\frac{s}{D_a}\right)^{-0,040}$	$0,8473 \left(\frac{s}{D_a}\right)^{-0,051}$	$0,7095 \left(\frac{s}{D_a}\right)^{-0,060}$
6	0,0400	0,0800	$1,1163 \left(\frac{s}{D_a}\right)^{-0,030}$	$0,9279 \left(\frac{s}{D_a}\right)^{-0,023}$	$0,8130 \left(\frac{s}{D_a}\right)^{-0,018}$

**4.4 Calotte d'un fond bombé**

$$s = \frac{p \cdot R_i}{2 \cdot f \cdot z - 0,5 \cdot p} \leq s_g \quad (307.3)$$

$s_g \geq s_o = s + c$  selon ASIT 301

$s$  = épaisseur de paroi en mm sans supplément  $c$

$s_g$  = épaisseur de paroi minimale garantie sur le fond fini en tenant compte du chiffre 2.4

$p$  = pression effective de calcul en  $N/mm^2$  selon ASIT 301

$R_i$  = rayon intérieur de la calotte en mm  
pour fond elliptique:

$$\text{rayon intérieur au sommet} = R_i = \frac{D_i^2}{4 \cdot (H_i - h)} \quad (\text{voir Fig. 307a})$$

$f$  = contrainte admissible

$c$  = supplément en mm (SVTI 307, Ziffer 2.4)

$z$  = facteur de soudure (ASIT 307, chiffre 3.6 resp. 3.8)

} selon ASIT 301

**4.5 Fonds avec degré d'élanement  $\lambda < 0,003$**

Vérification de la sécurité au voilement des carres selon chiffre 2.7

$$p = \frac{F_b \cdot E_t}{1,5 \cdot 10^5} \quad (307.4)$$

$p$  = pression extérieure admissible (pression effective de calcul) en  $N/mm^2$

$F_b$  = facteur de voilement selon tableau 307 E

$E_t$  = module d'élasticité à la température de calcul en  $N/mm^2$

Le module  $E$  est à tirer des prescriptions correspondantes de la section 200 ou de la norme de la matière.

$\lambda$  = degré d'élanement (voir chiffre 4.2)

D'éventuels affaiblissements du fond par des ouvertures ne sont pas pris en compte.

Tableau 307 E Facteur de voilement  $F_b$ 

$\lambda$	$F_b$ Fonds bombés décim.	$F_b$ Fonds Beta	$F_b$ Fonds à anse de panier
0,0010	0,0465	0,0924	0,1199
0,0011	0,0582	0,1146	0,1484
0,0012	0,0715	0,1396	0,1804
0,0013	0,0863	0,1673	0,2158
0,0014	0,1029	0,1979	0,2548
0,0015	0,1210	0,2314	0,2974
0,0016	0,1410	0,2678	0,3436
0,0017	0,1627	0,3072	0,3936
0,0018	0,1862	0,3496	0,4474
0,0019	0,2115	0,3952	0,5050
0,0020	0,2387	0,4438	0,5665
0,0021	0,2669	0,4957	0,6319
0,0022	0,2990	0,5507	0,7013
0,0023	0,3321	0,6091	0,7748
0,0024	0,3672	0,6707	0,8523
0,0025	0,4043	0,7356	0,9339
0,0026	0,4436	0,8039	1,0197
0,0027	0,4849	0,8757	1,1097
0,0028	0,5284	0,9508	1,2039
0,0029	0,5740	1,0295	1,3024
0,0030	0,6218	1,1118	1,4053
Formules	$F_b = 560349 \cdot \lambda^{2,3603}$	$F_b = 57343 \cdot \lambda^{2,2643}$	$F_b = 630954 \cdot \lambda^{2,2404}$



## **5. Affaiblissement dû aux ouvertures**

- 5.1 Si les fonds sont affaiblis par des ouvertures, il y a lieu d'appliquer en plus les dispositions de l'ASIT 316.

Jusqu'à un diamètre de  $0,8 D_a$  selon la Fig. 307c, pour la section enlevée, l'épaisseur de paroi  $s$  doit être déterminée selon la formule (307.3) pour la calotte du fond selon chiffre 4.4.

## **6. Forces externes**

Une augmentation supplémentaire de l'épaisseur des parois des fonds, déterminée selon les règles précitées, peut être rendue nécessaire si des forces extérieures importantes provenant de structures portantes, entraînements de mélangeurs, etc. agissent sur le fond. Les dispositions à prendre en ce sens sont à convenir de cas en cas avec l'organe de contrôle.

## **7. Epaisseurs de parois minimales**

Les épaisseurs de parois minimales admissibles sont définies dans l'ASIT 301.

## Table des matières

	Page
1. Domaine de validité . . . . .	1
2. Principes de base . . . . .	1
3. Soudures des fonds . . . . .	2
4. Calcul . . . . .	3
5. Affaiblissement dû aux ouvertures . . . . .	4
6. Epaisseurs de parois minimales . . . . .	4

### 1. Domaine de validité

- 1.1 Les règles de calcul ci-après sont applicables aux fonds hémisphériques et coques de sphères soumis à une pression intérieure, en tenant compte du rapport  $D_a / D_i \leq 1,2$ .
- 1.2 Pour de petites demi-sphères avec  $D_a \leq 219$  mm jusqu'à  $D_a / D_i \leq 1,7$ .

### 2. Principes de base

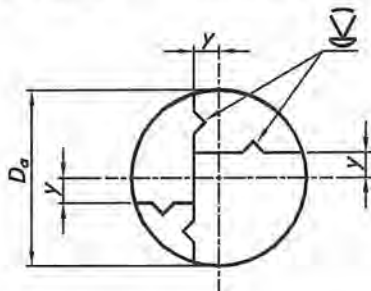
- 2.1 Le certificat de matière d'un fond doit être accompagné d'une attestation de formage établie par le fabricant mentionnant l'épaisseur de paroi minimale garantie  $s_g$  mesurée sur le fond.
- 2.2 Les traitements thermiques nécessaires pour les fonds en aciers ferritiques et austénitiques, formés à chaud ou à froid, sont donnés dans l'ASIT 402. Le traitement thermique effectué doit être confirmé par une attestation de formage.
- 2.3 L'épaisseur de paroi nécessaire  $s_o$  doit être déterminée selon la prescription ASIT 301 comme suit:  $s_o = s + c \leq s_g$ . En dérogation à la prescription 301, le supplément  $c_1$  n'a pas à être pris en compte.
- 1) L'épaisseur de paroi minimale garantie  $s_g$  doit être confirmée par une attestation de formage.
  - 2) L'épaisseur de paroi minimale garantie  $s_g$  de la coque doit figurer en plus dans le dessin de construction.
  - 3) Si les rondelles sont fournies à l'atelier de formage, le fournisseur devra convenir le supplément de presse  $c_1'$ , afin de garantir les conditions de l'alinéa 1).

- 2.4 Pour la conception de grands réservoirs sphériques, des dispositions particulières doivent être prises avec l'ASIT.

### 3. Soudures des fonds

- 3.1 Les fonds hémisphériques n'ont pas de bord cylindrique. La soudure de raccordement avec l'élément adjacent fait que le fond hémisphérique ou segment hémisphérique est toujours considéré comme un élément de construction soudé. Lors du dimensionnement, un facteur de soudure selon ASIT 301 doit être pris en compte.
- 3.2 Les soudures ne doivent pas être interrompues par des ouvertures dans la zone de la calotte  $\leq 0,6 D_a$ , en règle générale. Si la construction l'exige, cette soudure doit être soumise à un contrôle non destructif comme une soudure pleinement sollicitée ( $z = 1$ ) selon ASIT 506.
- 3.3 Toutes les soudures des hémisphères assemblées en plusieurs parties et des rondelles initiales doivent toujours être exécutées avec reprise à l'envers.
- 3.4 Si les rondelles pour fonds hémisphériques ou coques de sphères sont assemblées en plusieurs parties selon Fig. 308a, les soudures ne doivent pas être éloignées de la méridienne de plus de 20%.
- 3.5 L'étendue des contrôles des soudures des rondelles initiales est définie par l'ASIT 506, Tab. 506 E, et le facteur de soudure  $z$  peut être admis = 1.

**Fig. 308a** Rondelle pour fond avec soudures d'assemblage



Conditions

$$y \leq 0,2 D_a$$

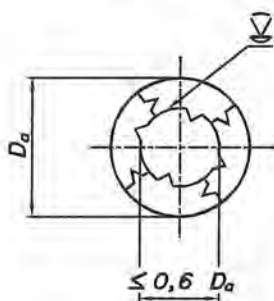
$$z = 1$$

Etendue des contrôles des soudures selon ASIT 506

- 3.6 L'exécution des contrôles selon chiffre 3.5 et leur acceptation sont à confirmer par le fabricant du fond dans l'attestation de formage.

- 3.7 Pour les rondelles livrées, le contrôle est à effectuer par l'organisation de contrôle dans l'atelier du fabricant.
- 3.8 Pour les demi-sphères et sphères composées de segments préformés et de flans selon la Fig. 308b, les soudures sont à contrôler selon le facteur de soudure  $z = 1,0$  ou  $0,85$  comme les soudures longitudinales selon ASIT 506.

**Fig. 308b** Demi-sphères et sphères composées de segments préformés et de flans



Conditions

$z = 1$  ou  $0,85$

Etendue des contrôles des soudures selon ASIT 506

## 4. Calcul

- 4.1 Demi-sphères et sphères dans la plage hors de  $0,6 D_a$  selon Fig. 308b

$$s = \frac{1,1 \cdot p \cdot R_i}{2 \cdot f \cdot z - 0,5 \cdot p} \leq s_g \quad (308.1)$$

$s_g \geq s_o = s + c$  selon ASIT 301

$s$  = épaisseur de paroi en mm sans supplément  $c$

$s_g$  = épaisseur de paroi minimale garantie sur le fond terminé en mm en tenant compte du chiffre 2.3

$p$  = pression effective de calcul en  $N/mm^2$  selon ASIT 301

$R_i$  = rayon intérieur en mm

$D_a$  = diamètre extérieur de la demi-sphère en mm

$f$  = contrainte admissible en  $N/mm^2$

$z$  = facteur de soudure

$c$  = supplément en mm en tenant compte du chiffre 2.3

} selon ASIT 301

4.2 Sphères et coques de sphères dans la plage de  $0,6 D_a$  selon Fig. 308b

$$s = \frac{p \cdot R_i}{2 \cdot f \cdot z - 0,5p} \leq s_g \quad (308.2)$$

$$s_g \geq s_o = s + c$$

Symboles de formule selon chiffre 4.1

## 5. Affaiblissement dû aux ouvertures

Si les coques de sphères sont affaiblies par des ouvertures, les indications de l'ASIT 316 doivent également être prises en compte.

## 6. Epaisseurs de parois minimales

Les épaisseurs de parois minimales sont définies dans l'ASIT 301.

## Table des matières

	Page
1. Domaine de validité .....	1
2. Principe de base .....	1
3. Soudures des fonds .....	3
4. Calcul .....	4
5. Affaiblissement dû aux ouvertures .....	6
6. Epaisseurs de parois minimales .....	6

### 1. Domaine de validité

- 1.1 Les règles de calcul ci-après sont applicables aux fonds à calotte soumis à une pression intérieure, pour lesquels le rapport entre l'épaisseur de paroi de la calotte et le rayon de bombage est situé dans les limites suivantes:

$$0,003 \leq s / R_i \leq 0,1$$

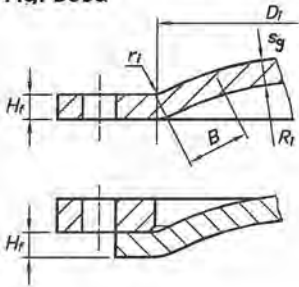
$s$  = épaisseur de paroi en mm sans supplément  $c$

$R_i$  = rayon intérieur de la calotte en mm

- 1.2 On distingue pour le calcul entre deux formes de fond.
- 1) Fonds à calotte profonde avec un rapport  $R_i / D_i \leq 1,2$ ;  $R_i$ ,  $D_i$  selon Fig. 309a
  - 2) Fonds à calotte plate avec un rapport  $R_i / D_i > 1,2$ ; ils sont à dimensionner selon la formule pour plaque bombée selon ASIT 312.

### 2. Principe de base

- 2.1 La bordure selon chiffre 4.2 en tant que partie de bride ou de cylindre doit être suffisamment stable pour supporter les forces radiales.
- 2.2 Le rayon de raccordement  $r_i$  entre bride et calotte selon Fig. 309a doit avoir au moins 6 mm. Pour les matériaux dont l'allongement de rupture est inférieur à 10%, le rayon de raccordement sera égal à l'épaisseur de paroi de la calotte, mais sans dépasser 30 mm.

**Fig. 309a**


Fond pressé avec la même épaisseur de paroi pour la calotte et la bride

Exécution avec bride resp. bride folle

$H_f$  = épaisseur de bride nécessaire

$D_i$  = diamètre de calotte resp. diamètre de bride

$R_i$  = rayon intérieur de la calotte

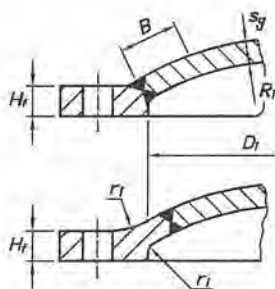
$r_i$  = rayon de raccordement

$B$  = longueur d'appui

$s_g$  = épaisseur de paroi minimale garantie par l'atelier de formage sans supplément  $c$  selon ASIT 301 en respectant les disposition du chiffre 2.4

- 2.3 Le certificat de matière doit être accompagné d'une attestation de formage établie par le fabricant mentionnant l'épaisseur de paroi minimale garantie mesurée sur le fond.
- 2.4 L'épaisseur de paroi nécessaire  $s_o$  doit être déterminée selon la prescription ASIT 301 de la manière suivante:  $s_g = s + c \leq s_o$ . En dérogation avec la prescription 301, le supplément  $c_1$  n'a pas à être pris en compte.
- 1) L'épaisseur de paroi minimale garantie  $s_g$  doit être confirmée dans l'attestation de formage selon chiffre 2.3.
  - 2) L'épaisseur de paroi minimale garantie  $s_o$  de la calotte ou des éléments de calotte doit toujours être indiquée dans les dessins de construction en plus de l'épaisseur de paroi choisie (nominale)  $s_e$ .
  - 3) Si des rondelles sont livrées, le fournisseur doit définir avec l'atelier de formage la valeur du supplément de presse  $c_1'$  de manière à ce que les conditions de l'alinéa 1) soient garanties.
- 2.5 Les traitements thermiques nécessaires pour les fonds en aciers ferritiques et austénitiques formés à chaud ou à froid sont donnés dans l'ASIT 402. Le traitement thermique effectué doit être confirmé dans l'attestation de formage.
- 2.6 Pour une construction comportant une soudure dans le raccordement entre la bride et la calotte selon Fig. 309b, le coefficient  $V$  pour le calcul selon chiffre 4.1 doit également être pris en compte.

Fig. 309b



Fond avec bride renforcée;  
raccordement non usiné  $V = 1,2$

Fond avec raccordement usiné  $V = 1,0$  si les conditions selon chiffre 2.2 pour le raccordement sont remplies.

Désignation pour  $D_i$ ,  $R_i$ ,  $r_i$ ,  $B$  et  $s_o$  voir Fig. 309a.

Les conditions posées à la soudure sont indiquées au chiffre 3.1.

### 3. Soudures des fonds

- 3.1 La soudure au raccordement entre bride et calotte doit toujours être exécutée avec reprise à l'envers et contrôlée en fonction du facteur de soudure  $z = 1$  ou  $0,85$  comme les soudures longitudinales, selon ASIT 506.
- 3.2 Les conditions et l'étendue des contrôles pour:
- les rondelles initiales assemblées
  - les ouvertures
- sont données dans les dispositions pour les soudures du fond de l'ASIT 307.



## 4. Calcul

### 4.1 Fonds à calotte profonde selon chiffre 1.2

$$s = \frac{p \cdot R_i \cdot V \cdot y}{2 \cdot f \cdot z - 0,5 \cdot p} \quad ; \quad y \leq s_g \quad (309.1)$$

$$s_g \geq s_o = s + c \text{ selon ASIT 301}$$

$s$  = épaisseur de paroi en mm sans supplément  $c$

$s_o$  = épaisseur minimale de paroi garantie par l'atelier de formage sur le fond terminé en mm en tenant compte du chiffre 2.4

$$y = \text{Facteur de forme} = \frac{4 \cdot R_i - D_i}{D_i} \quad (309.2)$$

$R_i$  = rayon intérieur de la calotte en mm

$D_i$  = diamètre de calotte

resp. diamètre intérieur de bride en mm (Fig. 309a et b)

$p$  = pression effective de calcul en  $\text{N/mm}^2$  selon ASIT 301

$V$  = coefficient de construction avec bride rapportée par soudage selon chiffre 2.6 avec  $V = 1,2$  resp.  $1,0$

Pour une exécution sans soudure de bride selon chiffre 2.2, appliquer toujours  $V = 1,0$

$f$  = contrainte admissible en  $\text{N/mm}^2$

$c$  = supplément en mm en observant le chiffre 2.4

$z$  = facteur de soudure selon chiffre 3

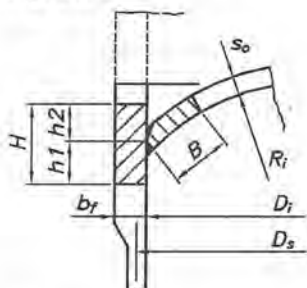
$s_e$  = épaisseur de paroi choisie (nominale) en mm

} selon ASIT 301

## 4.2 Anneau de bordure

L'anneau de bordure est la zone de transition de la bride ou de la partie de cylindre selon la Fig. 309c, où se raccorde la calotte.

Fig. 309c



Conditions

L'anneau de bordure doit satisfaire aux conditions des chiffres 4.2.1 et 4.2.2.

### 4.2.1 Section

$$A = H \cdot b_f + B \cdot s_0 \geq \frac{p \cdot D_i \cdot D_s}{8 \cdot f} \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot R_i^2}{D_i^2} - 1} \quad (309.3)$$

A = section nécessaire en mm<sup>2</sup>

H = hauteur efficace en mm = h<sub>1</sub> + h<sub>2</sub>

$$h_1; h_2 \text{ max.} = 0,8 \sqrt{(D_i + b_f)} \cdot b_f \text{ resp. min} = 0,5 \cdot s \quad (309.4)$$

s = épaisseur de paroi de la calotte en mm sans supplément selon chiffre 4.1

B = longueur d'appui de la coque en mm

$$B = 0,5 \sqrt{(2 R_i + s)} \cdot s \quad (309.5)$$

R<sub>i</sub> = rayon intérieur de la calotte en mm

D<sub>i</sub> = diamètre intérieur en mm

D<sub>s</sub> = diamètre rapporté à l'axe vertical de gravité du cylindre en mm

p = pression effective de calcul en N/mm<sup>2</sup>

f = contrainte admissible en N/mm<sup>2</sup> } selon ASIT 301

**4.2.2** Bride de calotte

- 1) Pour le dimensionnement de la bride resp. de la bride folle, les dispositions de l'ASIT 314 et 315 seront appliquées par analogie.
- 2) Pour le dimensionnement par rapport à la limitation de l'inclinaison du plateau de bride (sauf exécution avec bride folle), il faut utiliser dans les formules correspondantes selon ASIT 314 pour l'épaisseur du raccord de bride la valeur selon la formule 309.1. En général, H ne devrait pas être inférieur à  $2,5 \cdot s_o$ .

**4.3 Calottes assemblées**

Si des calottes sont formées de plusieurs parties soudées, l'épaisseur de paroi  $s$  pour la zone médiane peut être dimensionnée selon la formule 309.6. La zone extérieure avec la longueur d'appui  $B$  est à exécuter selon le chiffre 2.1.

$$s = \frac{p \cdot R_i}{2 \cdot f \cdot z - 0,5p} \leq s_o \quad (309.6)$$

$s_g \geq s_o = s + c$  selon ASIT 301

Symboles de formule voir chiffre 4.1

**5. Affaiblissement dû aux ouvertures**

- 5.1 Les ouvertures dans les fonds à calotte peuvent être dimensionnées selon ASIT 316; la nervure entre l'ouverture et le bord intérieur de la bride doit alors représenter au moins la longueur d'appui  $B$  (Fig. 309a, b ou c) selon les dispositions du chiffre 4.2.1.
- 5.2 Avec des renforcements sous forme de disque, la distance entre le bord intérieur de la bride et le bord du disque ne doit pas être inférieure à  $0,5 \cdot B$ ,  $B$  selon formule (309.5).
- 5.3 Des ouvertures près du bord sont possibles s'il est démontré que les contraintes admissibles ne sont pas dépassées.

**6. Epaisseurs de parois minimales**

Les épaisseurs de parois minimales admissibles sont définies dans l'ASIT 301.

**Table des matières**

	Page
1. Domaine de validité .....	1
2. Principes de base .....	1
3. Calcul .....	2
4. Affaiblissement dû aux ouvertures .....	3
5. Epaisseurs de parois minimales .....	3

**1. Domaine de validité**

- 1.1 Fonds bombés selon ASIT 307
- 1.2 Demi-sphères et coques de sphères selon ASIT 308
- 1.3 Fonds à calotte selon ASIT 309

**2. Principes de base**

- 2.1 Les fonds sous pression extérieure doivent être suffisamment dimensionnés, aussi bien contre le voilement élastique que contre la déformation plastique. Les critères ci-après sont à appliquer par analogie aux fonds hémisphériques, fonds elliptiques, fonds à double rayon, fonds à calotte, etc. et ils sont aussi valables pour les réservoirs sphériques sous pression extérieure.
- 2.2 Le rayon de la calotte  $R_f$  ne doit pas varier de plus de +5 / -10%, et le rayon de carre  $r_f$  de plus de +20 / -10% de la dimension nominale.
- 2.3 L'épaisseur de paroi nécessaire  $s_o$  est à déterminer selon la prescription ASIT 301 de la manière suivante:  $s_o = s + c \leq s_g$ . En dérogation avec la prescription 301, le supplément  $c_1$  ne doit pas être pris en compte.
  - 1) L'épaisseur de paroi minimale garantie  $s_g$  est à confirmer dans l'attestation de formage.
  - 2) Les épaisseurs de paroi minimales garanties  $s_g$  des fonds ou éléments de fond devront figurer en plus sur les dessins de construction.
  - 3) Si les rondelles sont fournies à l'atelier de formage, le fournisseur devra convenir la valeur du supplément de presse  $c_1'$  avec l'atelier de formage, de manière à ce que les conditions de l'alinéa 1) soient garanties.
- 2.4 Les fonds soudés sous pression extérieure sont à calculer comme des fonds sans soudure avec  $z = 1$ , indépendamment des contrôles de soudure éventuellement demandés.

- 2.5 L'étendue du contrôle des fonds soudés est définie dans l'ASIT 307. Si des rondelles pour des fonds formés de plusieurs parties ou des fonds formés de flans et de segments sont assemblées, les conditions selon ASIT 307, Fig. 307b resp. 307c doivent être respectées.
- 2.6 L'emplacement de la soudure est limité selon les indications de l'ASIT 307 à 309.
- 2.7 Pour les appareils de la catégorie de conception 1 selon ASIT 301, un supplément de construction  $c_3$  de 1 mm doit être pris en compte.

### 3. Calcul

#### 3.1 Calcul au voilement élastique

$$p = \frac{p_e}{x_4} = \frac{E_t}{x_4 \cdot \left( 3,0 + 0,002 \cdot \frac{R_a}{s} \right)} \cdot \left( \frac{s}{R_a} \right)^2 \quad (310.1)$$

$p$  = pression extérieure admissible en  $N/mm^2$

$p_e$  = pression de voilement en  $N/mm^2$

$x_4$  = facteur de sécurité contre le voilement élastique selon ASIT 301

$E_t$  = module d'élasticité en  $N/mm^2$  à la température de calcul

$R_a$  = rayon de courbure extérieur

pour les fonds elliptiques rayon extérieur au sommet  $R_a = \frac{D_a^2}{4 \cdot (h_2 + s_g)}$

(310.2)

$D_a$  = diamètre extérieur du fond en mm

$h_2$  = profondeur du fond sans le bord cylindrique selon ASIT 307, Fig. 307a

$s$  = épaisseur de paroi en mm sans supplément  $c$  ( $= s_g - c$  selon ASIT 301)

$s_g$  = épaisseur de paroi minimale garantie selon chiffre 2.3 en mm avec supplément  $c$

#### 3.2 Calcul à la déformation plastique

Le calcul à la déformation plastique des fonds sous pression extérieure se fait avec les mêmes formules que pour la pression intérieure, en prenant toutefois pour la contrainte admissible  $f$  les valeurs selon ASIT 301, Tableau 301 A, soit  $R_e / x_5$  resp.  $R_t / x_5$ .

#### **4. Affaiblissement dû aux ouvertures**

Les fonds sous pression extérieure comportant des ouvertures sont à calculer comme des fonds non affaiblis.

#### **5. Epaisseurs de parois minimales**

Les épaisseurs de parois minimales sont fixées dans l'ASIT 301.

## Table des matières

	Page
1. Domaine de validité . . . . .	1
2. Principes de base . . . . .	1
3. Calcul des plaques planes non encastrées . . . . .	2
4. Calcul des plaques planes encastrées . . . . .	8
5. Calcul des plaques tubulaires . . . . .	13
6. Ouvertures dans les plaques planes . . . . .	19

### 1. Domaine de validité

Les règles de dimensionnement ci-après s'appliquent aux:

- 1) plaques et fonds plats
- 2) plaques et fonds légèrement bombés
- 3) plaques tubulaires d'échangeurs de chaleur

### 2. Principes de base

- 2.1 Pour les brides pleines selon DIN 2527 et les couvercles pleins selon DIN 28122, les exigences selon ASIT 312 sont considérées comme remplies s'il est fait usage de joints tendres (par ex. joints plats pour brides planes selon DIN 2690 à 2692).
- 2.2 L'épaisseur minimale pour les plaques tubulaires avec tubes dudgeonnés est de 12 mm.
- 2.3 L'épaisseur de paroi des fonds plats chauffés par les fumées ne doit pas dépasser 30 mm.
- 2.4 Les plaques bombées sont à dimensionner selon ASIT 309 à l'exception des formes selon le chiffre 3.3.
- 2.5 Lors du dudgeonnage des tubes dans la plaque tubulaire, les trous voisins ne doivent pas être déformés de façon inadmissible. La largeur du pont entre les trous dépend de la section de cisaillement nécessaire entre les tubes d'une part et le procédé de dudgeonnage d'autre part.

### 3. Calcul des plaques planes non encastrées

#### 3.1 Plaques rondes

- 1) La formule ci après s'applique aux plaques planes et légèrement bombées et aux fonds plats à bords rabattus:

$$s = C \cdot D \cdot \sqrt{\frac{p}{f \cdot v}} \quad (312.1)$$

$s$  = épaisseur de paroi en mm, sans supplément  $c_3$

$s_e$  = épaisseur de paroi choisie (nominale) en mm;  $s_e \geq s + c$  selon ASIT 301

$C$  = coefficient de calcul

$D$  = diamètre de calcul déterminant en mm } selon Tab. 312 A

$p$  = pression effective de calcul en  $N/mm^2$

$f$  = contrainte admissible en  $N/mm^2$  selon ASIT 301

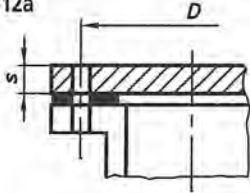
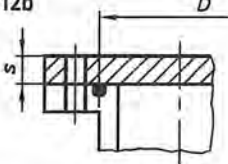
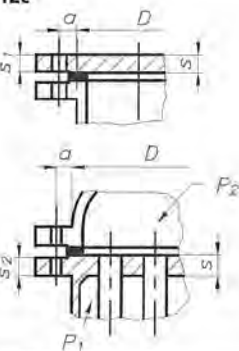
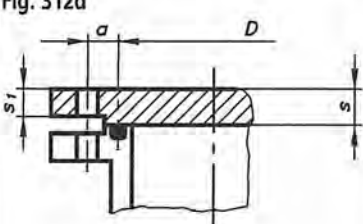
$v$  = facteur d'affaiblissement resp. facteur pour ouvertures isolées selon chiffre 6

$c_3$  = supplément en mm, selon ASIT 301 (pour  $c_1$  et  $c_2 = 0$ )

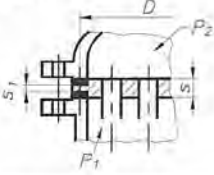
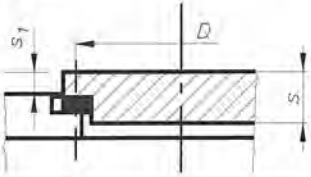
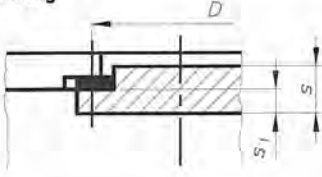
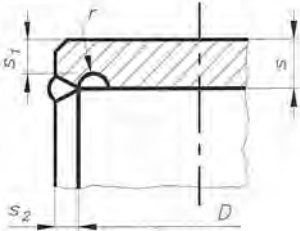
- 2) Pour les diamètres  $D$  et les coefficients  $C$  à introduire dans la formule de calcul (312.1) pour les plaques de fermeture rondes et les fonds plats, les exemples donnés dans le tableau 312 A servent de modèles.
- 3) Pour d'autres formes et d'autres modes d'assemblage d'éléments de fermeture plats, les coefficients  $C$  et les diamètres de calcul  $D$  sont à convenir avec l'ASIT.



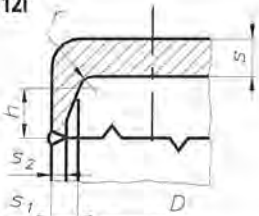
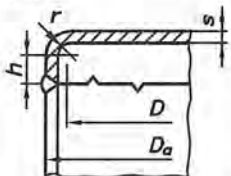
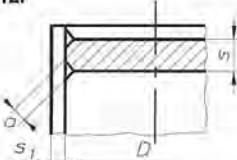
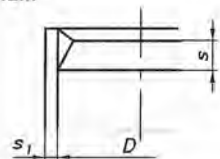
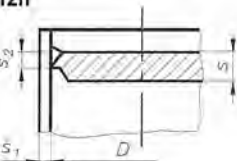
**Tableau 312 A Coefficients pour brides normalisées**

Exécution et domaine d'application	C
<p><b>Fig. 312a</b></p> 	<p>Plaque avec joint continu Joint couvrant toute la largeur de la bride 1) D = cercle de perçage des vis</p> <p>0,35</p>
<p><b>Fig. 312b</b></p> 	<p>Plaque avec joint torique et appli métallique sur toute la largeur de la bride 1) D = diamètre du joint torique</p> <p>0,35</p>
<p><b>Fig. 312c</b></p> 	<p>Plaque avec moment supplémentaire en bordure - joint plat 1) <math>s_1 \geq 0,7 s</math> 2) D = diamètre moyen du joint 3) Force de serrage des boulons 4) <math>C = \sqrt{0,18 + K_{dl} \cdot \frac{a}{D}}</math> 5) <math>k_{dl}</math> = Coefficient de joint selon ASIT 315 6) <math>s_2 = s</math> au min. 12 mm</p> <p>4) 5)</p>
<p><b>Fig. 312d</b></p> 	<p>Plaque avec moment supplémentaire et joint torique 1) <math>s_1 \geq 0,7 s</math> 2) D = diamètre du joint torique 3) <math>C = \sqrt{0,21 + 6 \cdot \frac{a}{D}}</math> 4) Force de serrage des boulons (page 6, Rem. *1)</p> <p>3)</p>

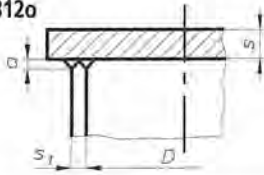
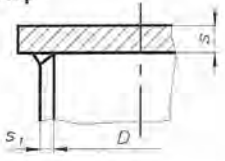
**Tableau 312 A** Suite

Exécution et domaine d'application	C	
<p><b>Fig. 312e</b></p> 	<p>Plaque enserrée avec joint plat</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><math>s_1 \geq 0,7 s</math></li> <li><math>D = \text{diamètre moyen du joint}</math></li> </ol>	0,4
<p><b>Fig. 312f</b></p> 	<p>Plaque placée à l'extérieur avec fermeture à étrier</p> <p><math>\varnothing \leq 500 \text{ mm}</math></p> <ol style="list-style-type: none"> <li><math>s_1 \geq 0,7 \cdot s</math></li> <li><math>D = \text{diamètre moyen du joint}</math></li> </ol>	1,25
<p><b>Fig. 312g</b></p> 	<p>Plaque placée à l'extérieur avec fermeture à étrier</p> <p><math>\varnothing \leq 500 \text{ mm}</math></p> <ol style="list-style-type: none"> <li><math>s_1 \geq 0,7 \cdot s</math></li> <li><math>D = \text{diamètre moyen du joint}</math></li> </ol>	0,45
<p><b>Fig. 312h</b></p> 	<p>Plaque a) avec, resp. b) sans rainure de décharge</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><math>s_1 \geq 0,65 p \cdot (D - 2r) / f</math> mais min. = 5 mm et pour <math>s_2 &gt; 0,1 D</math> gilt <math>s_1 \leq 0,8 \cdot s_2</math></li> <li><math>r \geq 0,2 s</math> mais min. = 5 mm</li> <li>US = contrôle de zone de bordure (page 6, Rem. *2)</li> </ol>	<p>a) 0,4 b) 0,45</p>

**Tableau 312 A** Suite

Exécution et domaine d'application	C	
<p><b>Fig. 312i</b></p> 	<p>Fond forgé ou pressé</p> <p>a) avec, resp. b) sans bord conique</p> <p>1) <math>r \geq s / 3</math> mais min. = 8 mm</p> <p>2) <math>h \geq 3 \cdot s_2</math>, mais au plus s</p> <p>3) <math>s_1 \geq 1,5 \cdot s_2</math></p> <p>4) D = diamètre équivalent (rayon raccord carre r)</p>	<p>a) 0,35  b) 0,4</p>
<p><b>Fig. 312k</b></p> 	<p>Fond plat à bord rabattu</p> <p>1) <math>r \geq 1,3 s \geq 0,025 D_a</math> mais min. = 30 mm et pour <math>D_a &gt; 2000</math> mm min. = 50 mm</p> <p>2) <math>h \geq 2 \cdot s</math></p> <p>3) <math>D = D_a - 3 \cdot s</math></p>	<p>0,3</p>
<p><b>Fig. 312l</b></p> 	<p>Plaque soudée sur les deux faces</p> <p>1) <math>s \leq 3 \cdot s_1</math>; C = a)</p> <p>2) <math>s &gt; 3 \cdot s_1</math>; C = b)</p> <p>3) <math>a \geq 0,7 \cdot s_1</math></p> <p>4) D = diamètre intérieur</p>	<p>a) = 0,35  b) = 0,40</p>
<p><b>Fig. 312m</b></p> 	<p>Plaque soudée sur une face</p> <p>1) <math>s \leq 3 \cdot s_1</math>; C = a)</p> <p>2) <math>s &gt; 3 \cdot s_1</math>; C = b)</p> <p>3) Concentration de contrainte (page 6, Rem. *3)</p> <p>4) D = diamètre intérieur</p>	<p>a) = 0,45  b) = 0,5</p>
<p><b>Fig. 312n</b></p> 	<p>Plaque soudée sur une face avec dégagements</p> <p>1) <math>s_2 =</math> Plus grande valeur de a ou b arrondie: a) <math>s / 2</math> resp. b) = s</p> <p>2) Concentration de contrainte (page 6, Rem. *3)</p> <p>3) D = diamètre intérieur</p>	<p>0,35</p>

**Tableau 312 A** Suite

Exécution et domaine d'application	C
<p><b>Fig. 312o</b></p>  <p>Plaque soudée sur les deux faces</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <math>s \leq 3 \cdot s_1</math>; C = a)</li> <li>2) <math>s &gt; 3 \cdot s_1</math>; C = b)</li> <li>3) <math>a \geq 0,7 \cdot s_1</math></li> <li>4) Contrôle US bordure (page 6, Rem. *2)</li> </ol> <p>D = diamètre intérieur</p>	<p>a) = 0,4 b) = 0,45</p>
<p><b>Fig. 312p</b></p>  <p>Plaque soudée sur une face</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <math>s \leq 3 \cdot s_1</math>; C = a)</li> <li>2) <math>s &gt; 3 \cdot s_1</math>; C = b)</li> <li>3) Contrôle US bordure (page 6, Rem. *3)</li> <li>4) Concentration de contrainte (page 6, Rem. *3)</li> <li>5) D = diamètre intérieur</li> </ol>	<p>a) = 0,45 b) = 0,50</p>

### Remarques concernant le tableau 312 A

- \*1 La force obtenue par calcul doit être reprise par les boulons (voir ASIT 314). La force de serrage réelle des boulons ne doit pas dépasser de plus de 25%. Si cela ne peut pas être garanti, la force de serrage maximale possible, calculée avec la limite d'élasticité minimale du matériau des vis, est à introduire dans le calcul.
- \*2 Dans la zone soudée, les tôles doivent être soumises à un contrôle d'absence de doublure. Contrôle US selon SEL 072/classe de contrôle 2.
- \*3 Lors de la détermination du facteur C, la concentration de contraintes à la racine de la soudure a été prise en compte. Ces exécutions ne sont pas optimales pour les sollicitations alternées ou en présence de corrosion sous tension.

### 3.2 Plaques rectangulaires et elliptiques

3.2.1 Pour les plaques rectangulaires et elliptiques, le facteur C est remplacé par le coefficient  $y' \cdot C$  et pour D par le plus petit côté du rectangle resp. le diamètre du plus petit axe de l'ellipse dans la formule de calcul.

3.2.2 Le facteur  $y'$  dépendant du rapport  $D / D'$  est à tirer du tableau 312 B.

Fig. 312q

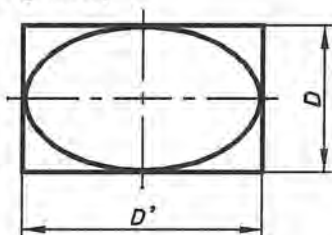


Tableau 312 B Valeurs  $Y'$

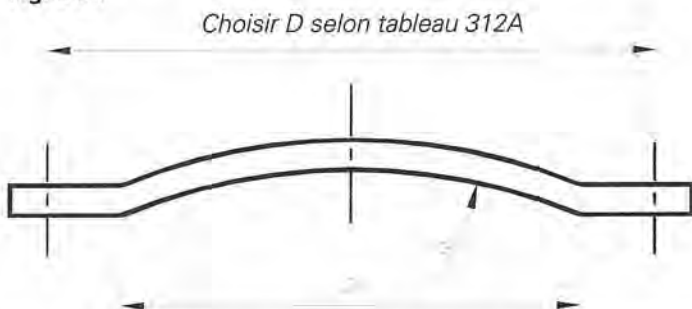
	Rapport $D / D'$					Les valeurs intermédiaires sont à interpoler
	1,0	0,75	0,5	0,25	$\leq 0,1$	
Ellipse	1	1,16	1,30	1,52	1,56	
Rectangle	1,1	1,26	1,40			
Formule						
1 ellipse:	$D / D' >$	0	$\leq 0,25$	$y'$		$1,57 - (D / D')^{2,033}$
		0,25	$\leq 0,5$			$1,713 - 0,812 \cdot (D / D')$
		0,5	$\leq 1,0$			$2,302 - 1,289 \cdot (D / D')^{0,374}$
Rectangle:	$D / D' >$	0,1	$\leq 1,0$	$y'$		$1,575 - 0,47 (D / D')^{1,4}$

### 3.3 Plaques bombées

Pour les plaques bombées, le facteur C est à remplacer par le facteur  $y'' \cdot C$  dans la formule (312.1) du chiffre 3.1. C du tableau 312 A.

$$y'' = \sqrt{1 - 0,5 \cdot \frac{D_i}{R_i}} \quad (312.2)$$

Fig. 312r



Les calottes avec un rapport  $R_i / D_i > 1,2$ , tombent sous la définition des plaques bombées. Pour les calottes avec  $R_i / D_i \leq 1,2$ , le calcul est à faire selon ASIT 309. A remarquer que le diamètre  $D_i$  ne correspond généralement pas avec le diamètre déterminant D à introduire dans la formule de la plaque.

## 4. Calcul des plaques planes encastrées

- 4.1 Il faut d'une façon générale tenir compte des effets résultant des dilatations thermiques différentes du manteau, de la plaque et de l'ancrage. La clarification et la prise en compte de ces effets, qui selon le mode de service (conditions de température particulières lors de démarrage ou de l'arrêt) peuvent conduire à une augmentation substantielle des forces à évaluer selon le chiffre 4.3.2, est du ressort du fabricant en accord avec le client.

- 4.2 La formule (312.3) s'applique aux plaques tenues par des ancrages, tirants, tubes, profils soudés, etc. Les éléments de renforcement doivent être suffisants pour les forces en présence.

$$s = 0,4 \cdot D_e \sqrt{\frac{p}{f}} \quad (312.3)$$

$s_e \geq s + c_3$  selon ASIT 301

$s$  = épaisseur de paroi en mm, sans supplément  $c_3$

$D_e$  = diamètre du plus grand cercle en mm, pouvant être inscrit entre les éléments d'ancrage ou de renfort resp. la paroi du réservoir. Ce cercle doit toucher au moins 3 points du renfort resp. de la paroi du réservoir.

$p$  = pression effective de calcul en  $N/mm^2$

$f$  = contrainte admissible en  $N/mm^2$

$c_3$  = supplément de construction en mm

$s_e$  = épaisseur de paroi choisie (nominale) en mm

} selon ASIT 301

- 4.3 Pour les plaques ancrées par des faisceaux de tubes soudés ou dudgeonnés, les points suivants sont à prendre en compte.

4.3.1 Tubes ne portant que partiellement

La sécurité à l'arrachement des tubes doit être suffisante. Pour les tubes dudgeonnés, le rapport entre la force  $Q$  et la surface d'appui efficace  $A_w$  ne doit pas dépasser les valeurs suivantes:

a) dudgeonnage lisse:  $Q/A_w \leq 150 N/mm^2$

b) dudgeonnage avec rainure:  $Q/A_w \leq 300 N/mm^2$

$Q$  = force sur le tube en N (compte tenu au besoin des contraintes thermiques)

$A_w$  = surface d'appui en  $mm^2 = (d_a - d_i) \cdot w$ , mais au max.  $0,1 d_a \cdot w$

$d_a$  = diamètre extérieur du tube en mm

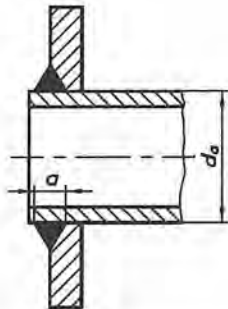
$d_i$  = diamètre intérieur du tube en mm

$w$  = longueur du dudgeonnage en mm. La longueur du dudgeonnage doit avoir au moins 12 mm. Pour des longueurs du dudgeonnage de  $\geq 40$  mm, ne compter pour le calcul de la force d'appui que 40 mm au plus.

4.3.2 Tubes portant entièrement

- 1) Pour les tubes soudés selon la Fig. 312 S1, les cordons de soudure doivent assurer la transmission de toute la force  $Q$  agissant sur le tube.

Fig. 312 S1



$$a = \frac{0,4 \cdot Q}{d_a \cdot f} \quad (312.4)$$

$a$  = épaisseur de la soudure dans la section de cisaillement en mm

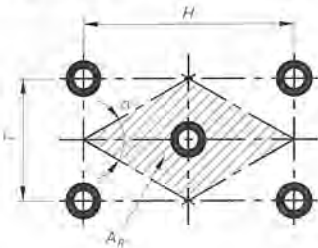
$Q$  = force par tube en N (compte tenu au besoin des contraintes thermiques)

$d_a$  = diamètre extérieur du tube en mm

$f$  = contrainte admissible pour le matériau du tube en  $Nmm^2$  selon ASIT 301

Le calcul de la force  $Q$  agissant sur le tube résulte de la surface de sollicitation  $A_R$  du tube concerné. Elle est représentée pour un champ entièrement tubé par la surface hachurée dans la Fig. 312 S2.

Fig. 312 S2



$Q$  = force agissant sur le tube en N

$p$  = pression effective de calcul en  $N/mm^2$

$A_R$  = surface déterminante en  $mm^2$

$d_a$  = diamètre extérieur du tube en mm

$$Q = p \cdot A_R \quad (312.5)$$

$$A_R = T \cdot \frac{H}{2} - \frac{\pi d_a^2}{4}$$

$$H = T \cdot \frac{1}{\tan\left(\frac{\alpha}{2}\right)}$$

$$\left(\text{pour } \alpha = 60^\circ, A_R = 0,866 \cdot T^2 - \frac{\pi d_a^2}{4}\right)$$

La force agissant sur les tubes à la périphérie du champ de tubes est à déterminer séparément. En général, on peut considérer que les efforts sur le champ périphérique sont repris par la paroi jusqu'à concurrence de la moitié.



- 2) Si les tubes assurant l'ancrage de la plaque sont sollicités en traction, la contrainte longitudinale dans les tubes ne doit pas dépasser  $0,8 \cdot f$  ( $f$  = contrainte admissible pour le matériau des tubes selon la prescription 301).
- 3) Si les tubes sont sollicités longitudinalement à la compression, le calcul de la plaque tubulaire en tant que plaque encastrée selon la formule (312.3) n'est admis que si la sécurité au flambage des tubes est suffisante. Cette sécurité est considérée comme suffisante si la force de compression ne dépasse pas la force admissible  $Q_{Kzul}$  selon la formule (312.6).

$$Q_{Kzul} = \frac{10 \cdot E_t \cdot J}{3 \cdot L_k^2} \quad (312.6)$$

$Q_{Kzul}$  = force axiale admissible par tube en N (tient compte d'un coefficient de sécurité au flambage de 3)

$E_t$  = module d'élasticité à la température de calcul en  $N/mm^2$

$J$  = moment d'inertie des tubes en  $mm^4$

$$J = \frac{\pi}{64} \cdot (d_a^4 - d_i^4)$$

$d_a$  = diamètre extérieur du tube en mm

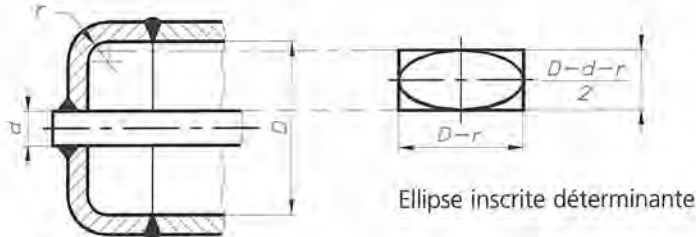
$d_i$  = diamètre intérieur du tube en mm

$L_k$  = longueur de flambage en mm = distance entre plaques tubulaires resp. plus grande longueur libre entre les tôles de guidage, resp. entre plaques tubulaires et tôle de guidage.

4.4 Exemples de plaques encastrees

4.4.1 Plaque annulaire avec tirant

**Fig. 312t**



Calcul selon formule (312.3a)

$$s = 0,4 \cdot y' \cdot D_e \cdot \sqrt{\frac{p}{f} + c_3} \quad (312.3a)$$

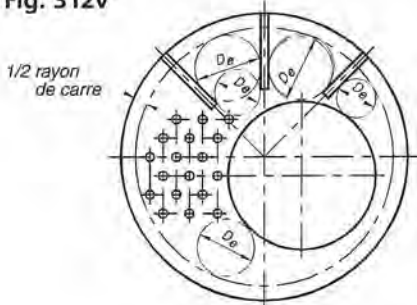
$$y' \text{ selon Tab. 312 B avec } D/D' = \frac{D - d - r}{2(D - r)}$$

$$D_e = \frac{D - d - r}{2}$$

Autres designations selon chiffre 4.2

4.4.2 Fond plat avec ancrage

**Fig. 312v**



Conditions:

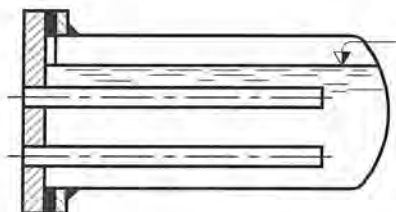
Calcul de l'épaisseur de paroi selon la formule (312.3), dans lequel le plus grand cercle inscrit entre profils de renfort, tubes d'ancrage, tirants, milieu de carre, etc. est determinante.

## 5. Calcul des plaques tubulaires

5.1 Plaques tubulaires resp. fonds tubulaires sans effet d'encastrement ou d'appui

5.1.1 Plaque tubulaire avec tubes pour insertion de corps de chauffe électriques

**Fig. 312w**



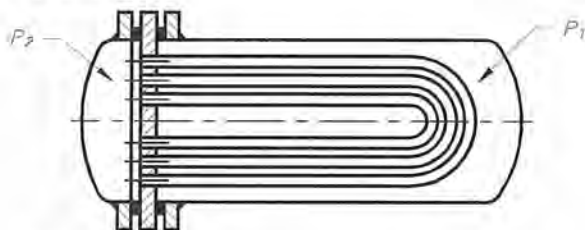
Respecter le recouvrement minimal d'eau selon les prescriptions correspondantes (en général  $\leq 100$  mm, au moins 25 mm)

Calcul

- 1) Plaque tubulaire selon chiffre 3.1 formule (312.1)
- 2) facteur d'affaiblissement  $v$  selon chiffre 6
- 3) valeurs  $C$  et diamètre de calcul  $D$  selon tableau 312 A

5.1.2 Plaques tubulaires d'échangeurs de chaleur avec tubes en U

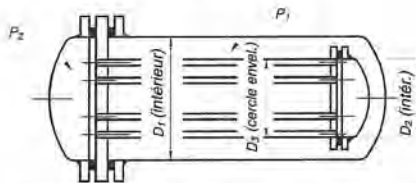
**Fig. 312x**



Calcul

- 1) Plaque tubulaire selon chiffre 3.1 formule (312.1) pour  $P_1$  et  $P_2$  resp. pour la plus grande différence de pression
- 2) facteur d'affaiblissement  $v$  selon chiffre 6
- 3) valeurs  $C$  et diamètre de calcul  $D$  selon tableau 312 A

### 5.1.3 Plaque tubulaire avec tête immergée libre

**Fig. 312y**


Les calculs pour la plaque fixe et la plaque de la tête immergée sont à effectuer en appliquant les valeurs C du tableau 312 A pour la forme d'exécution donnée, selon la formule (312.7), pour  $P_1$  et  $P_2$  resp. la plus grande différence de pression.

$$s = b \cdot C \cdot D_1 \cdot \sqrt{\frac{p}{f \cdot v}} \quad (\text{plaque fixe}) \quad (312.7)$$

$s_e \geq s + c_3$  selon ASIT 301

$s$  = épaisseur de plaque en mm, sans supplément  $c_3$

$b$  = facteur dépendant du rapport  $D_3/D_1$  selon diagramme 312 C

$C$  = coefficient de calcul selon tableau 312 A

$v$  = facteur d'affaiblissement selon formule (312.11)

$p$  = pression effective de calcul en  $\text{N/mm}^2$

$f$  = contrainte admissible en  $\text{N/mm}^2$  selon ASIT 301

$D_1$  = diamètre de calcul = diamètre de ligne du manteau en mm

$D_2$  = diamètre intérieur de la tête immergée en mm

$D_3$  = diamètre du cercle enveloppe en mm (les tubes isolés hors du champ de tubes ne sont pas pris en considération)

$c_3$  = supplément de construction en mm

$s_e$  = épaisseur de paroi choisie (nominale) en mm } selon ASIT 301

Pour le calcul de la plaque de tête immergée, on applique au lieu de  $D_1$  le diamètre  $D_2$  (voir Fig. 312y) dans la formule (312.7), et pour déterminer le facteur  $b$  selon le diagramme 312 C, le rapport  $D_3 / D_2$  est déterminant.

Il faut vérifier si les tubes du bord (en général les deux rangées extérieures) et leur liaisons avec les fonds des tubes supportent la charge

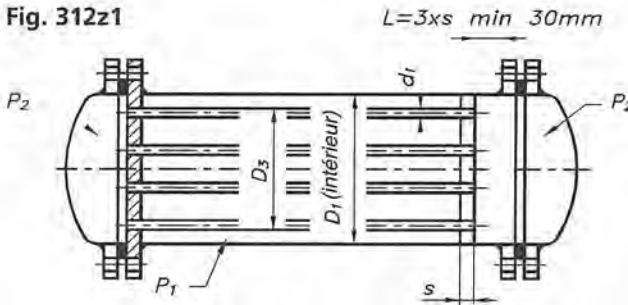
$$Q = p \cdot D_2^2 \cdot \frac{\pi}{4} \quad \text{en tant que charge de traction ou compression, resp. flambage.}$$

( $Q$  en N,  $D_2$  en mm,  $p$  en  $\text{N/mm}^2$ ; calcul selon chiffre 4.3)

5.2 Plaques tubulaires resp. fonds tubulaires avec effet d'appui ou d'ancrage

5.2.1 Plaques tubulaires fixes avec tubes traversants

**Fig. 312z1**



Calcul des plaques selon formule 312.3 en utilisant le cercle inscrit maximal.  
 Calcul des tubes et des liaisons entre les tubes et les plaques tubulaires selon chiffre 4.3, au besoin en tenant compte d'éventuelles contraintes thermiques selon chiffre 4.1.

Il faut en outre respecter pour les plaques tubulaires selon Fig. 312z1 une épaisseur minimale de paroi selon la formule (312.8).

$$s = 0,7 \cdot b \cdot C \cdot \sqrt{\frac{(D^2 - n \cdot d_i^2) \cdot p}{f \cdot v}} \quad (312.8)$$

$$s_e \geq s + c_3 \text{ selon ASIT 301}$$

$s$  = épaisseur de paroi en mm, sans supplément  $c_3$

$b$  = facteur dépendant du rapport  $D_3 / D_1$  selon tableau 312 C

$C$  = coefficient de calcul

$D$  = diamètre de calcul de la plaque en mm } selon tableau 312 A

$p$  = pression effective de calcul en  $N/mm^2$

$d_i$  = diamètre intérieur des tubes du faisceau

$n$  = Nombre de tubes

$D_1$  = diamètre intérieur du manteau en mm

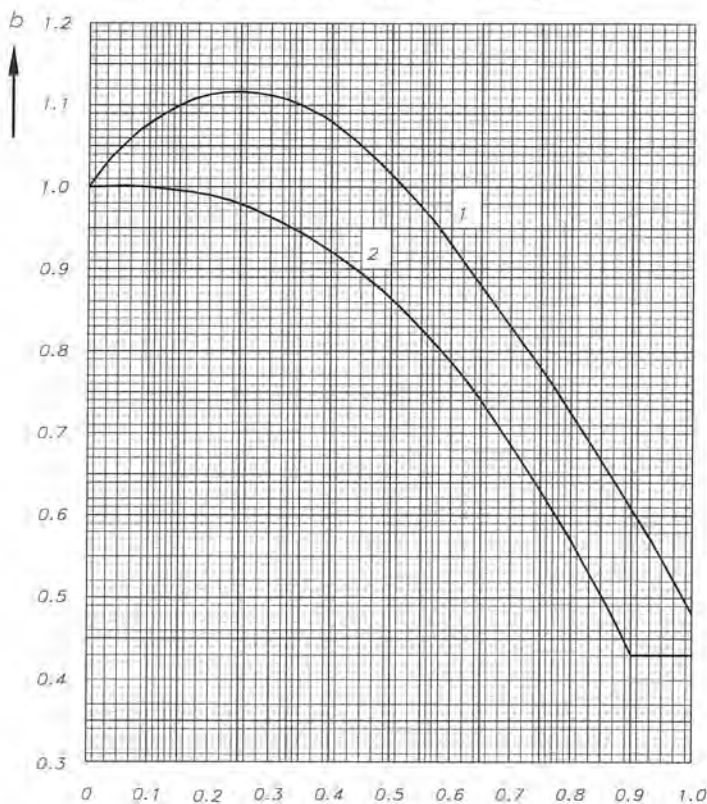
$D_3$  = diamètre du cercle enveloppe en mm (les tubes isolés hors du champ de tubes ne sont pas pris en considération)

- $v$  = facteur d'affaiblissement: a)  $v = 1$  pour tubes portant entièrement  
chiffre 4.3.2 alinéa. 2)  
b)  $v =$  selon chiffre 6.5 pour tubes ne portant  
pas entièrement
- $f$  = contrainte admissible en  $N/mm^2$   
 $c_3$  = supplément de construction en mm  
 $s_e$  = épaisseur de paroi choisie (nominale) en mm
- } selon ASIT 301

**Diagramme 312 C Facteur b**

Courbe 1: Forme d'exécution selon Fig. 312c / d (plaques avec moment supplémentaire en bordure)

Courbe 2: Formes d'exécution selon Fig. 312a / b / e / f / g ainsi que pour plaques tubulaires insérées par soudage

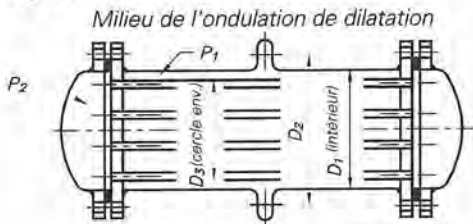


$$\frac{D_3}{D_1}, \frac{D_3}{D_2} \longrightarrow$$

$\frac{D_3}{D_1}$  selon Fig. 312y et Fig. 312z

Formules pour diagramme 312C		Facteur b
Courbe 1: $(D_3/D_1)$	> 0,01    ≤ 0,25	$1,182 - (D_3/D_1)^{0,04}$
	> 0,25    ≤ 0,5	$1,113 - 3,859 \cdot (D_3/D_1)^{5,43}$
	> 0,5    ≤ 0,75	$1,113 - 0,777 \cdot (D_3/D_1)^{2,89}$
	> 0,75    ≤ 1,0	$1,0 - 0,523 (D_3/D_1)^{2,83}$
Courbe 2: $(D_3/D_1)$	> 0    ≤ 0,05	1,0
	> 0,05    ≤ 0,9	$1,0 - 0,745 \cdot (D_3/D_1)^{2,43}$
	> 0,9	0,43

### 5.2.2 Plaques tubulaires fixes avec compensateur dans le manteau de l'échangeur de chaleur

**Fig. 312z2**


$$s = b \cdot C \cdot \sqrt{\frac{P_2 \cdot D_1^2 + p_1 \cdot (D_2^2 - D_3^2)}{f \cdot v}} \quad (312.9)$$

$s_e \geq s + c_3$  selon ASIT 301

$s$  = épaisseur de plaque en mm, sans supplément  $c_3$

$b$  = facteur dépendant du rapport  $D_3/D_1$  selon diagramme 312 C

$p$  = pression effective de calcul en  $N/mm^2$  ( $p_1, p_2$  resp. pression différentielle)

$D_1$  = diamètre intérieur du manteau en mm

$D_2$  = diamètre moyen de l'ondulation de dilatation en mm

$D_3$  = diamètre enveloppe en mm (les tubes isolés hors du champ de tubes ne sont pas pris en considération)

$c_3$  = supplément de construction en mm

$f$  = contrainte admissible en  $N/mm^2$

$s_e$  = épaisseur de paroi choisie (nominale) en mm

} selon ASIT 301



- C = coefficient de calcul selon tableau 312 A  
 v = facteur d'affaiblissement: a) v = 1 pour tubes portant entièrement selon chiffre 4.3.2 alinéa 2)  
 b) v = selon chiffre 6.5 pour tubes ne portant pas entièrement

La capacité des tubes périphériques (en général les deux rangs extérieurs) et leur liaison avec la plaque tubulaire à reprendre la charge Q (en N) doit être vérifiée selon la formule (312.10).

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot [p_2 \cdot D_1^2 + p_1 \cdot (D_2^2 - D_3^2)] \quad (312.10)$$

## 6. Ouvertures dans les plaques planes

- 6.1 Pour les plaques avec une découpe centrale unique, le facteur v est à tirer du tableau 312 D ci-dessous. Le facteur v pour des ouvertures isolées peut prendre des valeurs > 1. Si ces ouvertures sont suffisamment renforcées par des tubulures, des valeurs v plus élevées peuvent être convenues de cas en cas avec l'ASIT.
- 6.2 Les ouvertures non centrées distancées du bord d'au moins 0,1 D peuvent être traitées comme ouverture centrée. Le diamètre de calcul D selon le tableau 312 A compte comme bord.
- 6.3 Pour des ouvertures dans des plaques avec un rapport de diamètres d/D > 0,8, la plaque doit être dimensionnée selon les indications de l'ASIT 314.
- 6.4 Pour des plaques avec moments de bord dans le même sens selon le tableau 312 A (Fig. 312c, Fig. 312d), les facteurs v selon tableau 312 D ne s'appliquent qu'aux rapports de diamètre d / D ≤ 0,5. Pour des rapports plus grands, une attestation de contraintes est nécessaire.

**Tableau 312 D Facteur v**

d / D	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
v	1,00	0,79	0,75	0,76	0,80	0,85	0,92	1,07	1,33
Interpoler les valeurs intermédiaires									
Formules:									
d / D > 0	≤ 0,2	⇒	$v = 0,6 + 0,0925 (0,01 + d / D)^{-0,319}$						
d / D > 0,2	≤ 0,42	⇒	$v = 0,749 + 9,718 (d / D)^{5,693}$						
d / D > 0,42	≤ 0,8	⇒	$v = 0,798 + 1,615 (d / D)^{5,011}$						

d = Diamètre de l'ouverture en mm

D = Diamètre de calcul de la plaque en mm selon tableau 312A

6.5 Pour des plaques avec plusieurs ouvertures et des plaques tubulaires, on applique

$$v = \frac{T - d_i}{T} \tag{312.11}$$

v = facteur d'affaiblissement

T = plus petite division dans un sens quelconque en mm

d<sub>i</sub> = diamètre d'ouverture resp. intérieur (pour les tubes) en mm; dans le cas de diamètres différents, prendre pour d<sub>i</sub> la valeur moyenne.

En alternative, pour des plaques avec plusieurs ouvertures isolées (mais pas des plaques tubulaires), le facteur v peut être déterminé comme suit:

$$v = \frac{D - \sum d_i}{D} \tag{312.12}$$

D = diamètre de calcul de la plaque en mm selon tableau 312A

∑d<sub>i</sub> = somme des diamètres d'ouverture en mm des ouvertures situées dans la section la plus faible.

Pour les plaques avec tubes portant entièrement, observer le chiffre 4.3.2.

## Table des matières

	Page
1. Domaine de validité .....	1
2. Généralités .....	1
3. Calcul .....	2
4. Epaisseurs de parois minimales .....	2

### 1. Domaine de validité

- 1.1 Tubes sans soudure et tubes soudés jusqu'à un diamètre extérieur max. de 400 mm, soumis à une pression intérieure ou extérieure.
- 1.2 Les tubes de diamètre supérieur à 400 mm ainsi que tous les tubes utilisés comme manteau d'appareils sont à dimensionner selon ASIT 302 pour la pression intérieure et selon ASIT 303 pour la pression extérieure.

### 2. Généralités

- 2.1 Les tubes soudés longitudinalement ou en spirale, en tant que demi-produits de fabricants de tubes homologués selon ASIT 501 sont admis avec  $z = 1,0$ .
- 2.2 Pour les tubes de fabrication propre, le facteur de soudage des soudures longitudinales et circulaires est à choisir selon ASIT 301 en tenant compte de l'étendue de contrôle selon ASIT 506.
- 2.3 Pour les tubes d'échangeurs de chaleur, le supplément d'usure  $c_2$  selon ASIT 301 ( $c_2 = 0$ ) n'est pas exigé. Un supplément de construction  $c_3$  peut éventuellement être prescrit par l'exploitant.

### 3. Calcul

#### 3.1 Tubes sous pression intérieure

$$t = \frac{p \cdot d_a}{2 \cdot f \cdot z + p} \quad (313.1)$$

$t_e \geq t + c$  selon ASIT 301

$t$  = épaisseur de paroi du tube minimale calculée en mm

$t_e$  = épaisseur de paroi choisie (nominale) en mm

$d_a$  = diamètre extérieur en mm

$p$  = pression effective de calcul en  $N/mm^2$  } selon ASIT 301

$f$  = contrainte admissible en  $N/mm^2$  }

$z$  = facteur de soudure en tenant compte des chiffres 2.1 resp. 2.2

$c$  = supplément selon ASIT 301 en tenant compte du chiffre 2.3

#### 3.2 Tubes sous pression extérieure

$$t = \frac{1,2 \cdot p \cdot d_a}{2 \cdot f \cdot z + p} \quad (313.2)$$

$t_e \geq t + c$  selon ASIT 301

Symboles de formule comme pour chiffre 3.1.

### 4. Epaisseurs de parois minimales

- 4.1 Pour les tubes soumis à une pression aussi bien intérieure qu'extérieure, les épaisseurs ne doivent pas être inférieures aux épaisseurs mentionnées dans le tableau 313 A. Dans les cas particuliers, les appareils des catégories de conception 2 et 3 sont admis si les dispositions du chiffre 4.2 sont respectées.
- 4.2 Si l'épaisseur de paroi de tube indiquée suffit pour le double de la pression de calcul, des épaisseurs de paroi plus petites que celles du tableau 313 A peuvent être admises. L'attestation du fabricant de tubes doit alors se rapporter aux conditions de réception selon ASIT 204 ou 207, selon la nuance.
- 4.3 Si des tubes sont utilisés comme tubulures, les dispositions de l'ASIT 314 et 316 sont déterminantes.

**Tableau 313 A t = Epaisseur de paroi minimale des tubes**

Catégorie de conception 1			Catégories de conception 2 et 3		
Diamètre extérieur du tube $d_a$ *1	Epaisseur de paroi minimale		Diamètre extérieur du tube $d_a$ *1	Epaisseur de paroi minimale	
	Acier non allié et faiblement allié	Acier austénitique; cuivre		Acier non allié et faiblement allié	Acier austénitique; cuivre
mm	mm	mm	mm	mm	mm
≤ 38	1,8	1,0	≤ 10,2	0,5	0,5
			> 10,2	0,6	0,5
			> 13,5	0,8	0,8
			> 21,3	1,0	0,8
			> 17,2	1,2	0,8
> 38	2,2	1,2	> 26,9	1,5	1,0
> 51	2,4	1,4	> 33,7	1,8	1,0
> 70	2,6	1,6	> 42,4	2,0	1,0
> 77	3,1	2,1	> 48,3	2,2	1,2
> 95	3,3	2,3	> 60,3	2,4	1,4
> 102	3,5	2,5	> 76,1	2,6	1,6
> 127	3,8	2,8	> 88,9	3,1	2,0
> 160	4,0	3,0	> 108	3,3	2,3
> 219,1	4,5	3,5	> 114,3	3,5	2,5
> 273	5,0	4,0	> 139,7	3,8	2,6
> 323,9	> 5,0	> 4,0	> 168,3	4,0	3,0

*Remarque*

\*1 Les diamètres extérieurs correspondent à DIN 2458/2463

## Table des matières

	Page
1. Domaine de validité . . . . .	1
2. Principes de base . . . . .	1
3. Attestations de matériaux et identification des brides . . . . .	2
4. Homologation de brides normalisées . . . . .	3
5. Dimensionnement des brides . . . . .	4
6. Epaisseur minimale du plateau de bride . . . . .	17

### **1. Domaine de validité**

- 1.1 Les règles ci-après s'appliquent aux brides rondes en acier, acier coulé, fonte et métaux non ferreux jusqu'à un diamètre intérieur de 3600 mm qui, une fois assemblées, sont soumises à une pression intérieure.
- 1.2 On entend ci-après sous brides des brides à collerette, collerettes à souder, brides à souder, collerettes à rapporter ainsi que des brides filetées et des brides folles.

### **2. Principes de base**

- 2.1 Le dimensionnement des brides est expliqué au chiffre 5.
- 2.2 Les brides peuvent être forgées, laminées sans soudure ou coulées. Elles peuvent aussi être fabriquées par cintrage de profils ou de bandes de tôle et soudées bout à bout \*1 ou être découpées dans de la tôle.  

\*1 Un éventuel traitement thermique après cintrage ou soudage est réglé par la prescription ASIT 402.
- 2.3 Si les brides à collerette et collerettes à souder sont réalisées par cintrage autour de l'axe de la bride et soudées bout à bout, les bandes de tôles sont à soumettre à un contrôle d'absence de doublure par ultrasons, selon les exigences de l'ASIT 508.
- 2.4 Pour les dispositions de construction des brides, en particulier en ce qui concerne le dimensionnement et l'exécution des assemblages soudés, les indications de l'ASIT 405 sont à respecter.

- 2.5 Pour assurer l'étanchéité d'un assemblage par brides, le nombre de boulons doit être aussi grand que possible, mais au minimum = 4. Normalement, le rapport entre l'espace entre deux boulons et le diamètre du trou ne doit pas être supérieur à 5. Pour un rapport situé entre 5 et 10, la preuve de l'étanchéité doit être faite, en général lors de l'essai de pression selon ASIT 512.
- 2.6 La matière du joint doit être choisie afin de répondre aux exigences thermiques, chimiques et de calcul.
- 2.7 La température pour le calcul des brides est la température de calcul de l'appareil (voir prescription ASIT 301).  
Pour des températures de conception inférieures à  $-10^{\circ}\text{C}$ , il faut observer les dispositions de la prescription ASIT 215.
- 2.8 Pour les réservoirs de stockage contenant des gaz inflammables, la pression introduite dans le calcul des brides doit être au moins 1,5 fois la pression effective de service admissible. Pour les brides normalisées, le niveau de pression de service selon chiffre 4.3 resp. tableau 314 A est déterminant.  
Les brides à utiliser sont les brides avec rainure et languette ou brides à emboîtement ou brides à faces lisses avec joints spéciaux (par ex. joint torsadé, joint avec insertion de treillis métallique).

### 3. Attestations de matériaux et identification des brides

- 3.1 Les brides en matériau avec homologation définie selon ASIT série 200 jusqu'à DIN 350 et PN 63 (anciennement 64) ne nécessitent pas d'attestation de matériau. Pour ces brides, le marquage ci-après suffit comme attestation:
- 1) Brides normalisées selon SN/DIN-EN ou d'autres normes: sigle du matériau, DN, PN, marque du fabricant de brides.
  - 2) Les brides spéciales avec dimensions autres que dans l'alinéa 1) seront traitées selon les dispositions du chiffre 3.2.
- 3.2 Pour les brides dont une des valeurs limites selon chiffre 3.1 est dépassée, les attestations de matériau doivent être fournies dans les conditions prévues dans les diverses prescriptions ASIT pour les tôles, pièces forgées, pièces coulées, etc. La marque de ces brides soumises à l'obligation d'attestation est:
- 1) Brides normalisées selon SN/DIN-EN ou d'autres normes:  
signe du matériau, DN, PN, numéro de coulée et éventuellement numéro d'éprouvette, marque du fabricant de brides et timbre du contrôleur compétent.

- 2) Les brides spéciales avec dimensions autres que celles de l'alinéa 1):  
signe du matériau, numéro de coulée et éventuellement numéro d'éprouvette, marque du fabricant de brides et timbre du contrôleur compétent.

#### **4. Homologation de brides normalisées**

(voir prescription 120)

- 4.1 Les brides de tuyauterie et d'appareils pour lesquelles des normes SN/DIN-EN existent peuvent sans autre être utilisées pour des appareils soumis à l'obligation de contrôle sans attestation de dimensionnement par calcul, dans les limites de l'homologation SN/EN. Pour les brides normalisées, les dessins remis mentionneront toujours DN, PN et le numéro de la norme correspondante ainsi que la qualité du matériau prévu.
- 4.2 Les brides selon d'autres normes telles que ANSI etc. peuvent également être reconnues sous réserve de la remise d'une documentation adéquate à l'ASIT.

#### **4.3 Palier de pression**

- 1) A chaque pression nominale, des paliers de pression déterminent la pression de service maximale admissible pour des températures et des fluides donnés. La relation entre pression nominale, pression de service, température et le groupe de fluides I et II est fixée dans le tableau 314.A.
- 2) Groupe de fluides I pour l'eau et autres liquides, gaz et vapeurs sans dangers.
- 3) Groupe de fluides II pour liquides, gaz et vapeurs dangereux. En général pour les fluides suivants:
  - explosifs
  - très et facilement inflammables
  - très toxiques et toxiques
- 4) Pour des températures de plus de 120 °C, la diminution de la limite élastique du matériau utilisé pour les brides et les vis doit être prise en considération.



**Tableau 314 A Paliers de pression**

Temp. service °C *1	Pression de service admissible par rapport à la pression nominale en pour-cent			
	Matériau *1 RSt37.2/C22.8		Matériau *1 1.4306/1.4435/1.4571	
	Groupe I	Groupe II	Groupe I	Groupe II
≤ 120	100%	80%	100%	80%
≤ 200	80%	64%	80%	65%
≤ 250	70%	56%	75%	60%
≤ 300	63%	50%	70%	56%

*Remarque*

\*1 Pour d'autres matériaux et/ou températures, il faut définir la valeur en % en fonction de la baisse de la limite élastique selon les dispositions de l'ASIT série 200.

## 5. Dimensionnement des brides

### 5.1 Principes

- 5.1.1 Lors du calcul de résistance, on doit toujours tenir compte de l'interaction de tous les éléments constitutifs d'un assemblage par brides (brides, boulonnerie, joints).  
L'interaction des forces en jeu peut être visualisée à l'aide du diagramme force-déformation.
- 5.1.2 L'assemblage doit être dimensionné de façon à supporter les contraintes résultant du montage (déformation du joint), du service (état stationnaire et phases de démarrage et d'arrêt) et de l'essai de pression.
- 5.1.3 Les brides non normalisées sont évaluées par l'ASIT selon les formules ci-après. Lors de l'utilisation de ces formules, les points suivants sont à observer:
- 1) Les formules sont utilisables pour des brides jusqu'à un diamètre de DN 2000.
  - 2) Les formules s'appliquent pour des matériaux tenaces de brides et de viroles. Elles sont établies pour des sollicitations statiques et limitées aux formes spécifiées pour certains types de brides.
  - 3) Les épaisseurs de brides calculées  $h$  resp.  $h'$  doivent subsister sur la pièce finie. Les rainures, languettes et emboîtements dans les limites prévues pour les brides normalisées ne sont pas à prendre en compte.

- 4) Dans les formules pour les brides fixes, le terme sous la racine peut avoir des valeurs négatives. Dans ce cas, l'épaisseur de la bride est à choisir égale à l'épaisseur de paroi de la virole  $s$  (pour les brides à collerette = épaisseur de raccordement  $s_1$ ), mais pas inférieure à l'épaisseur de paroi minimale de 12 mm (chiffre 6).
- 5) La «contrainte admissible  $f$ » introduite dans les formules de dimensionnement doit simplement être considérée comme valeur de calcul et ne correspond pas aux contraintes réelles.
- 6) Dans les brides fixes, ce ne sont souvent pas les contraintes, mais la limitation des déformations du plateau de la bride pour garantir l'étanchéité de l'assemblage qui sont déterminantes pour le dimensionnement. Dans les feuilles de calcul pour les brides fixes avec joint intérieur, les critères supplémentaires à prendre en compte pour l'inclinaison admissible de la bride (env. 8‰) sont indiqués.
- 7) Pour les brides fixes de  $DN > 2000$  mm et aussi pour les brides en matériaux fragiles (allongement à la rupture  $< 4\%$ ) de même que pour des formes en dehors des limitations indiquées ou en présence de sollicitations dynamiques, le dimensionnement suffisant doit être démontré selon la norme SN 218640, feuille 10.

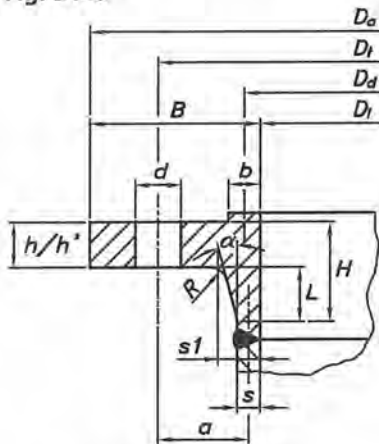
#### 5.1.4 Collerettes pour boulons à étrier (rabattable)

Ces collerettes sont à dimensionner selon la Fig. 314d resp. 314e. On utilisera pour le bras de levier  $a$  la distance entre appui, agrafe et virole de bride ainsi que pour le diamètre du trou de vis la valeur zéro (0).

#### 5.1.5 Les brides folles sont à dimensionner selon le chiffre 5.7.

### 5.2 Bride à collerette à souder

Fig. 314a



#### Limitations de forme:

- Épaisseur de bride  $h \geq 12$  mm, mais pas moins que  $s_1$
- $L \geq 0,8 \cdot \sqrt{(D_i + s) \cdot s}$  mais pas plus petit que  $h$  resp.  $h'$
- $\alpha \leq 24^\circ$
- $R \geq s$

$$h = \sqrt{\frac{D_d}{2B - d} \cdot \left[ \frac{c' \cdot p \cdot a}{f} \cdot (D_d + 4,8 \cdot b) - 0,8 \cdot (s_1^2 - \frac{s^2}{4}) \right]} \quad (314.1)$$

$h$  = épaisseur nécessaire du plateau de bride en mm selon les exigences de résistance

$D_d$  = diamètre moyen du joint en mm

$p$  = pression effective de calcul en  $N/mm^2$

$f$  = contrainte admissible en  $N/mm^2$  selon prescription ASIT 301

$a$  = bras de levier en mm =  $[D_i - (D_i + s)] / 2$

$s$  = épaisseur de paroi du tube en mm

$s_1$  = épaisseur de paroi au raccordement en mm

$B$  = largeur de bride en mm =  $(D_a - D_i) / 2$

$b$  = largeur de joint en mm

$d$  = diamètre du trou de vis en mm

$c'$  = facteur de forme de bride (pour bride à collerette à souder  $c' = 0,8$ )

**Critère pour position inclinée admissible de la bride**

$$h' = \sqrt{\frac{D_d}{2B-d} \cdot \left[ \frac{p \cdot a}{0,012 \cdot E} \cdot (D_d + 4,8 \cdot b) \cdot \left( \frac{D_a + D_i}{H} \right) - 0,8 \cdot \left( s_1^2 - \frac{s^2}{4} \right) \right]} \quad (314.2)$$

Désignations selon Fig. 314a

$h'$  = épaisseur nécessaire du plateau de bride en mm selon critère de déformation

$H$  = hauteur déterminante en mm =  $h' + L$

$L$  = hauteur de la virole conique pour calcul  $L \leq 1,1 \cdot \sqrt{(D_i + s) s}$

$D_a$  = diamètre extérieur de la bride en mm

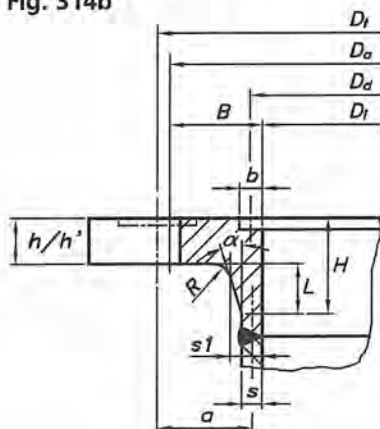
$D_i$  = diamètre intérieur de la bride en mm

$E$  = module d'élasticité en  $N/mm^2$

La plus grande des deux valeurs  $h$  et  $h'$  est déterminante pour un dimensionnement suffisant du plateau de bride.

5.3 Bride à collerette à souder fendue (bride pour boulons à étrier)

Fig. 314b



Limitations de forme:

- a) Epaisseur de bride  $h \geq 12$  mm, mais pas moins que  $s_1$
- b)  $L \geq 0,8 \cdot \sqrt{(D_t + s) s}$  mais pas plus petit que  $h$  resp.  $h'$
- c)  $\alpha \leq 24^\circ$
- d)  $R \geq s$

Remarque:

Les boulons à étrier doivent être assurés contre le glissement.

e)  $D_a = D_t - 0,5 d$

$$h = \sqrt{\frac{D_d}{2B} \cdot \left[ \frac{c' \cdot p \cdot a}{f} \cdot (D_d + 4,8 \cdot b) - 0,8 \cdot (s_1^2 - \frac{s^2}{4}) \right]} \quad (314.3)$$

$h$  = épaisseur nécessaire du plateau de bride en mm selon exigences de résistance

$D_d$  = diamètre moyen du joint en mm

$p$  = pression effective de calcul en  $N/mm^2$

$a$  = bras de levier en mm =  $[D_t - (D_t + s)] / 2$

$s$  = épaisseur de paroi du tube en mm

$s_1$  = épaisseur de paroi au raccordement en mm

$B$  = largeur de bride déterminante en mm =  $(D_a - D_t) / 2$

$b$  = largeur de joint en mm

$f$  = contrainte admissible en  $N/mm^2$  selon prescription ASIT 301

$c$  = facteur de forme de bride (pour bride à collerette à souder  $c' = 0,8$ )

**Critère pour position inclinée admissible de la bride**

$$h' = \sqrt{\frac{D_d}{2B} \cdot \left[ \frac{p \cdot a}{0,012 \cdot E} \cdot (D_d + 4,8 \cdot b) \cdot \left( \frac{D_a + D_i}{H} \right) - 0,8 \cdot \left( s_1^2 - \frac{s^2}{4} \right) \right]} \quad (314.4)$$

Désignations selon Fig. 314b

$h'$  = épaisseur nécessaire du plateau de bride en mm selon critère de déformation

$H$  = hauteur déterminante en mm =  $h' + L$

$L$  = hauteur de la virole conique pour calcul  $L \leq 1,1 \cdot \sqrt{(D_i + s)}$

$D_a$  = diamètre extérieur déterminant de la bride en mm

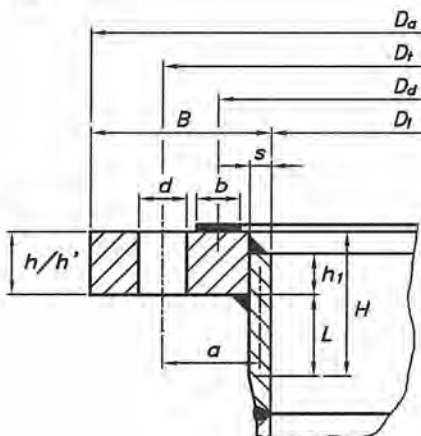
$D_i$  = diamètre intérieur de la bride en mm

$E$  = module d'élasticité en  $N/mm^2$

La plus grande des deux valeurs  $h$  et  $h'$  est déterminante pour un dimensionnement suffisant du plateau de bride. Les formules (314.3) et (314.4) sont aussi applicables pour les brides lisses fendues. Le facteur de forme de bride à introduire dans le calcul est alors de 1,2. Pour  $s_1$ , on emploie  $s$  et pour  $L$  la valeur de  $0,9 \cdot \sqrt{(D_i + s)}$ .

**5.4 Bride lisse**

**Fig. 314c**



**Limitations de forme:**

- a) Epaisseur de bride  $h \geq 12$  mm, mais pas moins que  $s$
- b) Recouvrement  $h_1 \geq h/2$
- c) L'épaisseur de paroi introduite dans le calcul  $s$  doit être présente au moins sur une longueur  $L$  de  $0,9 \cdot \sqrt{(D_i + s)}$ .
- d) Pour le dimensionnement de l'assemblage soudé bride/tube, on applique les dispositions de l'ASIT 405.

$$h = \sqrt{\frac{D_d}{2B-d} \cdot \left[ \frac{c' \cdot p \cdot a}{f} \cdot (D_d + 4,8 \cdot b) - 0,6 \cdot s^2 \right]} \quad (314.5)$$

$h$  = épaisseur nécessaire du plateau de bride en mm selon exigence de résistance \*1

$D_d$  = diamètre moyen du joint en mm

$p$  = pression effective de calcul en  $N/mm^2$

$f$  = contrainte admissible en  $N/mm^2$  selon prescription ASIT 301

$a$  = bras de levier en mm =  $[D_t - (D_i + s)]/2$

$s$  = épaisseur de la virole en mm \*2

$B$  = largeur déterminante en mm =  $(D_a - D_i)/2$

$b$  = largeur de joint en mm

$d$  = diamètre de trou de vis en mm

$c'$  = facteur de forme de bride (pour bride lisse  $c' = 1,2$ )

\*1 Si l'épaisseur  $h$  ne convient pas pour la construction, augmenter l'épaisseur de paroi  $s$ .

\*2 Si le matériau de la virole a une résistance inférieure à celui de la bride, on utilisera dans le calcul une épaisseur de paroi de virole réduite  $s'$  en rapport des résistances au lieu  $s$ .

### Critère pour la position inclinée admissible de la bride

$$h' = \sqrt{\frac{D_d}{2B-d} \cdot \left[ \frac{p \cdot a}{0,012 \cdot E} \cdot (D_d + 4,8 \cdot b) \cdot \left( \frac{D_a + D_i}{H} \right) - 0,6 \cdot s^2 \right]} \quad (314.6)$$

Désignations comme plus haut resp. selon Fig. 314c

$h'$  = épaisseur nécessaire du plateau de bride en mm selon critère de déformation

$H$  = hauteur déterminante en mm =  $h' + L$ .

Pour  $L$  utiliser  $0,9 \cdot \sqrt{(D_i + s) \cdot s}$ .

$D_a$  = diamètre extérieur de bride en mm

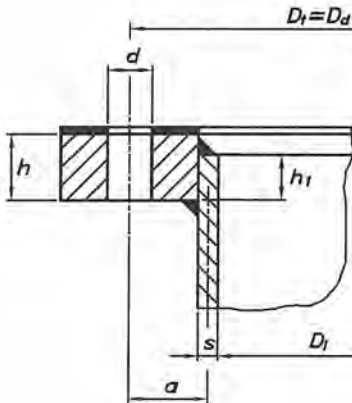
$D_i$  = diamètre intérieur de bride en mm

$E$  = module d'élasticité en  $N/mm^2$

La plus grande des deux valeurs  $h$  und  $h'$  est déterminante pour le dimensionnement suffisant du plateau de bride.

**5.5 Bride lisse resp. bride à collerette à souder avec joint continu**

**Fig. 314d**



**Limitations de forme:**

- a) Epaisseur de bride  $h \geq 12$  mm
- b) Recouvrement  $h_1 \geq h / 2$
- c) Pour le dimensionnement de l'assemblage soudé bride/tube, on applique les dispositions de l'ASIT 405.

*Remarques:*

- 1) Les boulons de ces types de brides sont à dimensionner pour le double de la force de vissage d'une bride correspondante non appuyée.
- 2) Pour les boulons à étrier, observer en plus le chiffre 5.1.4.

$$h = \sqrt{\frac{c' \cdot D_d^2 \cdot p \cdot a}{2 \cdot f \cdot (D_t - 0,3 \cdot n \cdot d)}} \quad (314.7)$$

$h$  = épaisseur nécessaire du plateau de bride en mm \*1

$D_d = D_t$  = diamètre du cercle de perçage en mm

$p$  = pression effective de calcul en  $N/mm^2$

$f$  = contrainte admissible en  $N/mm^2$  selon prescription ASIT 301

$a$  = bras de levier en mm =  $[D_t - (D_t + s)] / 2$

$d$  = diamètre du trou de vis en mm

$n$  = nombre de vis

$c'$  = facteur de forme pour bride lisse  $c' = 1,2$   
resp. pour bride à collerette à souder  $c' = 0,8$

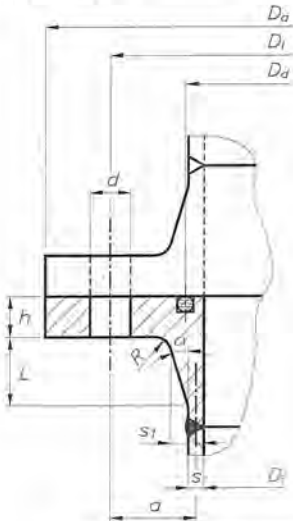
\*1 Si l'épaisseur  $h$  ne convient pas pour la construction, augmenter l'épaisseur de paroi  $s$ .

Un contrôle de la position inclinée n'est pas nécessaire pour ce type de bride.



5.6 Bride à collerette à souder resp. bride lisse avec joint torique

Fig. 314e



**Limitations de forme:**

- a) Epaisseur de bride  $h \geq 12$  mm, mais pas moins que  $s_1$
- b)  $L \geq 0,8 \cdot \sqrt{(D_i + s) s}$  mais pas plus petit que  $h$
- c)  $\alpha \leq 22,5$
- d)  $R \geq s$

*Remarques:*

- 1) Les boulons de ce type de bride sont à dimensionner pour une force de vissage augmentée d'un rapport de bras de levier  $\frac{D_a - (D_i + s)}{D_a - D_i}$
- 2) Pour les boulons à étrier, observer en plus le chiffre 5.1.4.

$$h = \sqrt{\frac{c' \cdot D_d^2 \cdot p \cdot a}{2 \cdot f \cdot (D_t - 0,3 \cdot n \cdot d)}} \quad (314.8)$$

$h$  = épaisseur nécessaire du plateau de bride en mm

$D_d$  = diamètre du joint en mm

$D_t$  = diamètre du cercle de perçage en mm

$D_i$  = diamètre intérieur du tube en mm

$p$  = pression effective de calcul en  $N/mm^2$

$f$  = contrainte admissible en  $N/mm^2$  selon prescription ASIT 301

$a$  = bras de levier en mm =  $[D_t - (D_i + s)] / 2$

$s$  = épaisseur de paroi du tube en mm

$s_1$  = épaisseur de paroi au raccordement en mm

$n$  = nombre de vis

$d$  = diamètre du trou de vis en mm

$c'$  = facteur de forme pour bride lisse  $c' = 1,2$

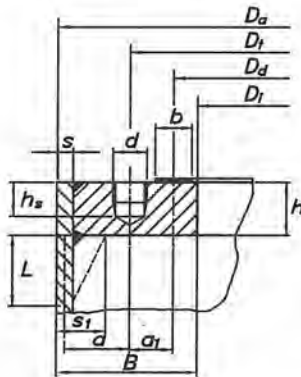
resp. pour bride à collerette à souder  $c' = 0,8$

Un contrôle de la position inclinée de la bride n'est pas nécessaire pour ce type de bride.

5.7 Bride lisse tournée vers l'intérieur

Ce calcul s'applique pour des rapports de diamètres  $D_i/D_a > 0,8$ .  
Pour  $D_i/D_a \leq 0,8$ , le calcul en tant que plaque est déterminant (voir ASIT 312).

Fig. 314f



Limitations de forme

- Épaisseur de bride  $h \geq 12$  mm, mais pas moins que  $s$
- L'épaisseur de paroi utilisée dans le calcul doit être présente au moins sur une longueur  $L$  de  $0,9 \cdot \sqrt{(D_a - s) \cdot s}$ .
- Pour le dimensionnement de l'assemblage soudé bride/tube, on applique les dispositions de l'ASIT 405.
- $h_s \geq d$

$$h = \sqrt{\frac{D_d}{2B - d} \cdot \left[ \frac{c' \cdot p \cdot a}{f} \cdot (D_d - 4,8 \cdot \frac{a_1}{a} \cdot b) - 0,6 \cdot \left( \frac{D_a - s}{D_d} \right) \cdot s^2 \right]} \quad (314.9)$$

- $h$  = épaisseur nécessaire du plateau de bride en mm
- $D_d$  = diamètre moyen du joint en mm
- $D_i$  = diamètre du cercle de perçage en mm
- $D_a$  = diamètre extérieur en mm
- $p$  = pression effective de calcul en  $N/mm^2$
- $f$  = contrainte admissible en  $N/mm^2$  selon prescription ASIT 301
- $a$  = bras de levier en mm =  $(D_a - s - D_i) / 2$
- $a_1$  = bras de levier en mm =  $(D_i - D_d) / 2$
- $s$  = épaisseur de paroi du tube en mm
- $B$  = largeur de bride en mm =  $(D_a - D_i) / 2$
- $b$  = largeur du joint en mm
- $d$  = diamètre du trou de vis en mm
- $c'$  = facteur de forme pour bride lisse = 1,2 / bride à collerette à souder 0,8
- $s_1$  = épaisseur de paroi au raccordement en mm

Un contrôle de la position inclinée n'est pas nécessaire pour ce type de bride.

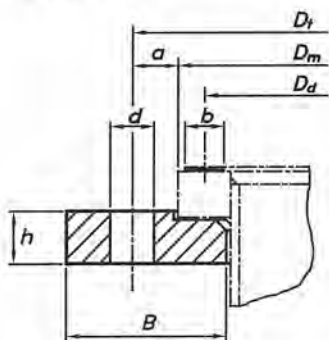
Pour la bride à collerette à souder tournée vers l'intérieur, la formule est:

$$h = \sqrt{\frac{D_d}{2B-d} \cdot \left[ \frac{c' \cdot p \cdot a}{f} \cdot (D_d - 4,8 \cdot \frac{a_1}{a} \cdot b) - 0,8 \cdot \frac{D_a - s}{D_d} \cdot (s_1^2 - \frac{s^2}{4}) \right]} \quad (314.9a)$$

## 5.8 Bride folle

### 5.8.1 Bride folle entière

Fig. 314g



#### Limitations de forme:

- Epaisseur de bride  $h \geq 12$  mm
- Le nez de la bride folle doit être dimensionné suffisamment au cisaillement ( $\tau \leq 0,7 \cdot f$ ), et la pression de surface ne doit pas dépasser la contrainte admissible  $f$ .
- Pour le calcul de brides folles combinées avec des collerettes à rebord, observer la remarque c) pour la Fig. 314i.

$$h = \sqrt{\frac{p \cdot D_d \cdot a \cdot (D_d + 4,8 \cdot b)}{0,65 \cdot f \cdot (2B - d)}} \quad (314.10)$$

$h$  = épaisseur nécessaire du plateau de bride en mm

$D_d$  = diamètre moyen du joint en mm

$p$  = pression effective de calcul en  $N/mm^2$

$f$  = contrainte admissible en  $N/mm^2$  selon prescription ASIT 301

$a$  = bras de levier en mm =  $(D_t - D_m) / 2$

$B$  = largeur de bride en mm

$d$  = diamètre du trou de vis en mm

$b$  = largeur de joint en mm

$D_t$  = diamètre du cercle de perçage en mm

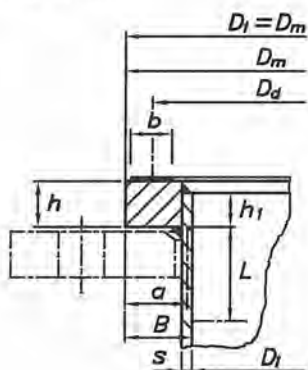
$D_m$  = diamètre déterminant de collerette ou de bride

### 5.8.2 Bride folle en deux parties

- Dans l'exécution en tant qu'anneau simple en deux parties, la hauteur de bride  $h$  déterminée selon chiffre 5.8.1 doit être augmentée de 40%.
- Dans l'exécution en tant qu'anneau double en deux parties avec jeux décalés de  $90^\circ$ , la hauteur de bride  $h$  déterminée selon chiffre 5.8.1 doit être augmentée de 20%.

### 5.9 Colerette rigide pour bride folle

Fig. 314h



#### Limitations de forme:

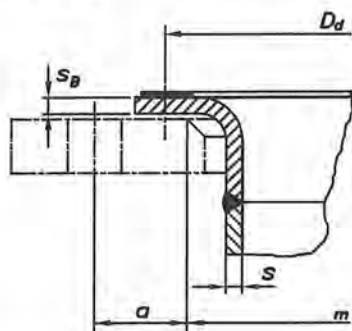
- Épaisseur de bride  $h \geq 12$  mm, mais pas moins que  $s$
- Recouvrement  $h_1 \geq h/2$
- L'épaisseur de paroi utilisée dans le calcul doit être présente au moins sur une longueur  $L$  de  $0,9 \cdot \sqrt{(D_1 + s) s}$ .
- Pour le dimensionnement de l'assemblage soudé bride/tube, on applique les dispositions de l'ASIT 405.

Pour le calcul, on applique les formules pour brides fixes (formules (314.1) et (314.2) pour collerette à souder, formules (314.5) et (314.6) pour collerette lisse à souder) avec  $d = 0$  et les autres cotes selon Fig. 314h.

### 5.10 Colletette à rebord pour bride folle

Les collettes à rebord sont admises  $\leq$  DN 350 pour  $\leq$  PN 10 et temp.  $\leq$  200 °C, observer les paliers de pression selon Tab. 314 A.

Fig. 314i



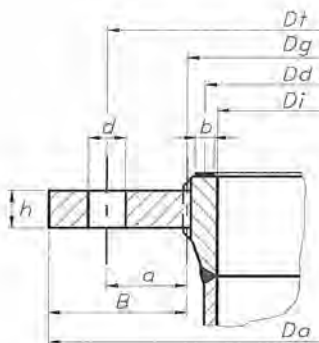
#### Limitations de forme:

- Epaisseur de paroi du rebord  $s_B \geq s$
- Le calcul de la collette à rebord se limite au contrôle du dimensionnement suffisant au cisaillement ( $\tau_{zul} \leq 0,7 \cdot f$ ).
- Pour les collettes à rebord, au dimensionnement de la bride folle, le bras de levier  $a$  à utiliser dans la formule 314.10 est à choisir selon la Fig. 314i.

$D_m$  = collette déterminante pour cisaillement

**5.11 Bride filetée**

**Fig. 314k**



**Limitations de forme**

- a) Epaisseur de bride  $h \geq 12$  mm
- b) Le filetage doit être dimensionné suffisamment au cisaillement. Ceci est considéré comme satisfait pour les filetages normaux si

$$h \geq \frac{p \cdot D_d (D_d + 4,8 \cdot b)}{2 \cdot D_g \cdot f}$$

$$h = \sqrt{\frac{p \cdot D_d \cdot a \cdot (D_d + 4,8 \cdot b)}{0,65 \cdot f \cdot (2 \cdot B - d)}} \quad (314.11)$$

- $h$  = épaisseur nécessaire du plateau de bride en mm
- $D_d$  = diamètre moyen du joint en mm
- $D_g$  = diamètre moyen du filetage en mm
- $p$  = pression effective de calcul en  $N/mm^2$
- $a$  = bras de levier en mm =  $(D_t - D_g) / 2$
- $B$  = largeur de bride en mm =  $(D_a - D_g) / 2$
- $f$  = contrainte admissible en  $N/mm^2$  selon prescription ASIT 301
- $d$  = diamètre du trou de vis en mm
- $b$  = largeur de joint en mm

Un contrôle de la position inclinée n'est pas nécessaire pour ce type de bride.

**6. Epaisseur minimale du plateau de bride**

L'épaisseur minimale du plateau de bride est de 12 mm pour tous les types de brides et collets à souder (sauf pour collet embouti selon chiffre 5.10).

## **Table des matières**

	Page
1. Domaine de validité . . . . .	1
2. Principes de base . . . . .	1
3. Application . . . . .	2
4. Température de calcul . . . . .	2
5. Calcul . . . . .	3
6. Dimensionnement des vis . . . . .	5
7. Boulons à crampons . . . . .	6
8. Plus petit diamètre de vis . . . . .	7
9. Caractéristiques des joints . . . . .	8

### **1. Domaine de validité**

- 1.1 L'ASIT 315 s'applique au calcul de la boulonnerie sur les chaudières et récipients sous pression qui en tant qu'éléments d'assemblage sont essentiellement sollicités en traction et statiquement.
- 1.2 Les sollicitations supplémentaires résultant d'effets thermiques, de coefficients de dilatation différents ainsi que de charges extérieures ne sont pas saisies par l'ASIT 315 et sont donc au besoin à prendre en compte séparément.

### **2. Principes de base**

- 2.1 Pour garder son élasticité à un assemblage boulonné, il est recommandé de choisir des vis ayant un allongement de rupture élevé.
- 2.2 Des vis à tige réduite devraient être utilisées pour des températures de calcul au-dessus de 300 °C ou pour une pression effective de service admissible supérieure à 40 bar. La longueur de la tige réduite doit être au moins égale à deux fois le diamètre du filetage.
- 2.3 Pour les brides normalisées pour tuyauterie et appareils, les exigences pour les vis sont considérées comme remplies si leur diamètre et leur nombre correspondent aux indications de la norme de la bride et si la température de service admissible pour la bride n'est pas dépassée.  
Les exigences spécifiques au matériau ainsi que les matériaux usuels de boulonnerie sont présentés dans l'ASIT 205.

- 2.4 Pour des températures de calcul supérieures à 120 °C et lors de l'utilisation des matériaux indiqués dans la norme, la pression effective de service admissible est à déterminer selon ASIT 314, tableau 314 A.
- 2.5 Pour assurer l'étanchéité, le nombre des vis doit si possible être élevé pour diminuer l'espace entre vis. Normalement, l'espace entre deux boulons ne doit pas être supérieur à 5 fois le diamètre du trou. Pour des rapports entre 5 et 10, la preuve de l'étanchéité doit être faite en principe lors de l'essai de pression, selon l'ASIT 512.
- 2.6 Lors du choix du matériau, tenir compte de l'appariement entre bride et boulon en ce qui concerne les interactions mécaniques et thermiques.

### **3. Application**

- 3.1 Pour l'utilisation jusqu'à 300 °C et la pleine utilisation de la valeur de résistance du matériau de la vis, la relaxation de l'assemblage vissé est notablement accélérée si le matériau de l'écrou est choisi trop tendre. C'est pourquoi pour de tels assemblages le rapport entre les limites élastiques à chaud des matériaux de l'écrou et de la vis ne devrait pas être inférieur au facteur 0,7.
- 3.2 Si des douilles élastiques sont utilisées dans des assemblages vissés, il faut choisir de préférence le même matériau que pour la vis .

### **4. Température de calcul**

- 4.1 Pour les vis en contact direct avec la charge, la température de calcul est égale à la température maximale de service admissible de l'appareil.
- 4.2 Pour les vis qui ne sont pas en contact direct avec la charge, la température de calcul peut être réduite en fonction du genre d'assemblage vissé et de l'isolation par rapport à la température de calcul maximale de la manière suivante:
  - a) bride folle et bride folle de 30 °C
  - b) bride fixe et bride folle de 25 °C
  - c) bride fixe et bride fixe de 20 °C
  - d'autres réductions sans justificatif particulier ne sont pas admises.
  - d) aucune réduction si l'assemblage vissé est isolé.
- 4.3 Pour des températures d'application inférieures à -10 °C, observer l'ASIT 215.



## 5. Calcul

5.1 Les efforts sur les vis doivent être déterminés pour:

- l'état monté
- l'état en service
- les conditions d'essai pour autant que la pression d'essai soit supérieure à  $1,3 \times$  la pression effective de service admissible.

### 5.2 Assemblage circulaire par vis avec joint à l'intérieur du cercle de perçage

5.2.1 Efforts sur les vis pour l'état en service \*1

$$F_{SB} = F_R + F_F + F_D \quad (315.1)$$

avec les composantes individuelles

$$F_R = \frac{p \cdot \pi \cdot d_i^2}{4} \quad (315.2)$$

$$F_F = \frac{p \cdot \pi \cdot (d_D^2 - d_i^2)}{4} \quad (315.3)$$

$$F_D = p \cdot \pi \cdot d_D \cdot S_D \cdot k_1 \quad (315.4)$$

\*1 Les formules (315.1) à (315.4) sont également utilisables par analogie pour l'état en essai.

$F_{SB}$  = effort minimal exercé par les vis en service en N

$F_R$  = effort sur le tube en N

$F_F$  = effort annulaire en N

$F_D$  = force nécessaire sur le joint en N

$p$  = pression effective de calcul en  $N/mm^2$

$d_i$  = diamètre intérieur sur le manteau en mm

$d_D$  = diamètre moyen du joint en mm

$S_D$  = coefficient de sécurité = 1,2

$k_1$  = facteur de joint pour l'état en service selon chiffre 9, Tab. 315 B

5.2.2 Effort sur la vis pour l'état monté

$$F_{DE} = d_D \cdot \pi \cdot k_o \cdot K_D$$

$F_{DE}$  = effort de déformation en N

$d_D$  = diamètre moyen du joint en mm

$k_o$  = facteur de joint pour la force de déformation en mm

$K_D$  = résistance à la déformation du matériau de joint en N/mm<sup>2</sup>

} selon chiffre 9  
Tableau 315 B  
resp. 315 C

$F_{DE}^*$  pour joint en matériau tendre et métal tendre si  $F_{DE} > F_{SB}$

pour liquides

$$F_{DE}^* = 0,1 F_{DE} + 0,9 \sqrt{F_{SB} \cdot F_{DE}} \quad (315.5)$$

pour gaz et vapeurs

$$F_{DE}^* = 0,2 F_{DE} + 0,8 \sqrt{F_{SB} \cdot F_{DE}} \quad (315.6)$$

5.2.3 Effort sur la vis comme charge admissible du joint

1) Les joints de brides doivent être les plus étroits possibles en tenant compte de la compression spécifique admissible.

2) Pour les joints en matériau tendre et métal tendre, les tassements sont à compenser en resserrant les boulons.

3) La charge admissible en service est:

a) pour des joints métalliques

$$F_{DZ} = d_D \cdot \pi \cdot k_o \cdot K_{DZ} \quad (315.7)$$

b) pour des profilés à rainure

$$F_{DZ} = d_D \cdot \pi \cdot \sqrt{n} \cdot k_o \cdot K_{DZ} \quad (315.8)$$

$d_D$  = diamètre moyen du joint en mm

$k_o$  = facteur de joint en mm

$K_D, K_{DZ}$  = résistance à la déformation en N/mm<sup>2</sup>

$n$  = nombre de rainures

} selon chiffre 9  
tableau 315 B  
resp. 315 C

4) Les facteurs de joint selon tableau 315 B resp. 315 C ont en général été déterminées pour l'état en service et utilisées pour les gaz et les vapeurs. Les caractéristiques pour d'autres types et formes de joint sont à convenir avec les fabricants sur la base d'essais.

### 5.3 Assemblages à brides circulaires avec joint continu

Le dimensionnement s'effectue selon les formules du chiffre 5.2, avec:

- 1)  $D_t$  = diamètre du cercle de perçage au lieu de  $d_D$
- 2)  $b_D$  =  $0,5 \times$  largeur de joint selon tableau 315 B

### 5.4 Assemblages à brides rectangulaires ou autres assemblages

Par analogie au chiffre 5.2 resp. 5.3, les efforts d'étanchéité et l'effort annulaire seront pris en compte en fonction du changement de la surface d'un cercle à un rectangle.

## 6. Dimensionnement des vis

Le dimensionnement des vis doit se faire avec le plus grand effort déterminé selon le chiffre 5.

### 6.1 Diamètre de vis

$$d_K \text{ resp. } d_S = z \cdot \sqrt{\frac{F}{n \cdot f}} + c_4 \quad (315.9)$$

$d_K$  = diamètre du noyau du filet en mm pour vis rigides

$d_S$  = diamètre de tige en mm pour vis à tige allégée

$z$  = coefficient d'assise

a) non usiné  $z = 1,30$

b) usiné  $z = 1,13$

$F$  = force de serrage des vis selon état de calcul:

a)  $F_{SB}$  selon chiffre 5.2.1 pour l'état en service

b)  $F_{DE}$  selon chiffre 5.2.2 pour l'état monté et sans  $c_4$

$n$  = nombre de vis

$f$  = contrainte admissible en  $N/mm^2$  selon ASIT 301

$c_4$  = supplément en mm, seulement pour l'état en service  $F_{SB}$ :

a)  $c_4 = 3$  mm pour  $d_K \leq 20$  mm

b)  $c_4 = 1$  mm pour  $d_K \geq 50$  mm

$$c) \text{ pour valeurs intermédiaires } c_4 = 3 - \left[ \left( \frac{d_K - 20}{30} \right) \cdot 2 \right] \quad (315.10)$$

d)  $c_4 = 0$  pour vis à tige allégée

## 6.2 Profondeur de vissage nécessaire

Lors de la détermination de la longueur d'engagement nécessaire dans un écrou ou dans un taraudage borgne, on part de l'idée que la portance (résistance à l'arrachement) du filetage de la vis aussi bien que de l'écrou est plus grande que celle de la partie dégagée du filetage ou de la tige réduite sollicitée (en général pas < que  $0,8 \times$  diamètre du filet).

## 6.3 Attribution du diamètre de noyau de vis $d_k$ à la grandeur du filet

On reprend sur le tableau 315 A pour les vis à filetage métrique de la série de base selon DIN 13/série 1 l'attribution du diamètre de noyau de vis à la grandeur du filet.

**Tableau 315 A Attribution du diamètre de noyau de vis à la grandeur du filet**

Filet	Noyau $\varnothing$	Filet	Noyau $\varnothing$	Filet	Noyau $\varnothing$
M 6	4,77	M22	18,93	M45	39,48
M 8	6,47	M24	20,32	M48	41,87
M10	8,16	M27	23,32	M52	45,87
M12	9,85	M30	25,71	M56	49,25
M14	11,55	M33	28,71	M60	53,25
M16	13,55	M36	31,09	M64	56,64
M18	14,93	M39	34,09		
M20	16,93	M42	36,48		

## 7. Boulons à crampons

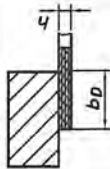
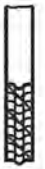


- 7.1 Pour les fermetures à crampons, seuls des boulons à type agréé sont admissibles. Les boulons à crampons doivent être assurés contre le glissement et être fixés de telle manière qu'ils ne puissent pas tomber lors de l'ouverture.
- 7.2 Par analogie au chiffre 2.5, le rapport entre le pas de répartition des boulons et la largeur d'appui du chapeau des boulons à étrier ne doit pas dépasser 5.

## **8. Plus petit diamètre de vis**

- 8.1 Des vis de moins de M 10 ou de diamètre de noyau correspondant ne sont en règle générale pas admises.
- 8.2 Dans des cas particuliers (par ex. vis pour robinetterie), des vis plus petites peuvent être utilisées, mais pas moins de M 6 ou diamètre de noyau correspondant.

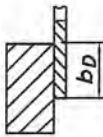






**9. Caractéristiques des joints**

**9.1 Tableau 315 B Caractéristiques  $k_{0r}$ ,  $k_0$ ,  $K_D$ ,  $k_1$ ,  $K_{di}$**

Type de joint	Forme de joint	Désignation	Matériau	Caractéristique d'étanchéité				pour gaz et vapeurs					
				Préformage		Etat de service	$K_{di}$	Formage		Etat de service	$K_{di}$		
				$k_{0r}$ mm	$k_0 \cdot K_D$ N/mm <sup>2</sup>			$k_0$ mm	$k_0 \cdot K_D$ N/mm <sup>2</sup>			$k_1$ mm	$K_{di}$
						$k_1$ mm	$K_{di}$			$k_1$ mm	$K_{di}$		
Joints en matière tendre		Joints plats selon DIN 2690 à DIN 2692	Carton imprégné	-	20 $b_D$	$b_D$	1,0	-	-	-	-	-	
			Caoutchouc	-	$b_D$	0,5 $b_D$	0,5	-	2 $b_D$	0,5 $b_D$	0,5	0,5	
			PTFE	-	20 $b_D$	1,1 $b_D$	1,1	-	25 $b_D$	1,1 $b_D$	1,1	1,1	
			It	-	15 $b_D$	$b_D$	1,0	-	$200 \sqrt{\frac{b_D}{h_D}}$	1,3 $b_D$	1,3	1,3	
Joints en métal tendre		Joint spiral en amiante	It enrobé de PTFE	-	12 $b_D$	0,8 $b_D$	0,8	-	12 $b_D$	0,8 $b_D$	0,8	0,8	
			acier non allié	-	15 $b_D$	$b_D$	1,0	-	50 $b_D$	1,3 $b_D$	1,3	1,3	
		Joint ondulé	Al	-	8 $b_D$	0,6 $b_D$	0,6	-	35 $b_D$	0,7 $b_D$	0,7	0,7	
			Cu, Ms	-	9 $b_D$	0,6 $b_D$	0,6	-	35 $b_D$	0,7 $b_D$	0,7	0,7	
		Joint enrobé de tôle	acier doux	-	10 $b_D$	0,6 $b_D$	0,6	-	45 $b_D$	1 $b_D$	1,0	1,0	1,0
			Al	-	10 $b_D$	$b_D$	1,0	-	50 $b_D$	1,4 $b_D$	1,4	1,4	
			Cu, Ms	-	20 $b_D$	$b_D$	1,0	-	60 $b_D$	1,6 $b_D$	1,6	1,6	
			acier doux	-	40 $b_D$	$b_D$	1,0	-	70 $b_D$	1,8 $b_D$	1,8	1,8	

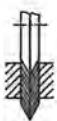
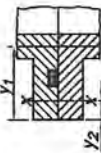
Suite sur la page 9, remarques sur la page 10

Tableau 315 B (suite)

Type de joint	Forme de joint	Désignation	Matériau	Caractéristique d'étanchéité							
				pour liquides				pour gaz et vapeurs			
				Préformage		Etat de service		Formage		Etat de service	
				$k_o$ mm	$k_o \cdot K_D$ N/mm <sup>2</sup>	$k_I$ mm	$K_{dI}$	$k_o$ mm	$k_o \cdot K_D$ N/mm <sup>2</sup>	$k_I$ mm	$K_{dI}$
Joints métalliques		Joints métalliques plats	-	0,8 $b_o$	-	$b_o + 5$	5	-	$b_o + 5$	5	
		Joints métalliques en losange	-	0,8	-	5	5	1	5	5	
		Joints métalliques à profil ovale	-	1,6	-	6	6	2	6	6	
Joints métalliques		Joints métalliques ronds	-	1,2	-	6	6	1,5	6	6	
		Joint torique	-	1,6	-	6	6	2	6	6	
		Joint en lentille selon DIN 2696	-	1,6	-	6	6	2	6	6	
		Joint à profil à rainures 3*	$n =$ nombre de rainures	-	$0,4\sqrt{n}$	-	$9 + 0,2 \cdot n$	9	$0,5\sqrt{n}$	$9 + 0,2 \cdot n$	9

Suite et remarques sur la page 10

**Tableau 315 B** (suite)

Type de joint	Forme de joint	Designation	Matériau	Caractéristique d'étanchéité									
				pour liquides				pour gaz et vapeurs					
				Préformage		Etat de service		*2		Formage		Etat de service	
				$k_o$ mm	$k_o \cdot K_D$ N/mm <sup>2</sup>	$k_1$ mm	$K_{df}$ -	$k_o$ mm	$k_o \cdot K_D$ N/mm <sup>2</sup>	$k_1$ mm	$K_{df}$ -		
Joints métalliques		Joint à membrane selon DIN 2695	-	-		0		0		0			
				-		0		0		0			
		Anneau de corde rond *4	Caoutchouc et plastiques analogues	-		0		0		0			

Remarques:

- \*1 Des écarts ne sont admis qu'avec attestation.
- \*2 Pour le coefficient C pour les brides normalisées dans ASIT 312.
- \*3 Les valeurs ne s'appliquent pas pour des joints avec revêtement.
- \*4 Augmenter les forces de vissage dans le rapport  $y_1 / y_2$ .



**Tableau 315 C** Résistance à la déformation  $K_D$  et  $K_{DZ}$  de matériaux métalliques de joints

Matériau de joint	$K_D$	$K_{DZ}$ en $N/mm^2$				
	$N/mm^2$	100 °C	200 °C	300 °C	400 °C	500 °C
Aluminium, recuit	100	40	20	(5)	–	–
Cuivre	200	180	130	100	(40)	–
Fer doux	350	310	260	210	170	(80)
Acier St 35	400	380	330	260	190	(120)
Acier allié 13 CrMo 4.4	450	450	420	390	330	280
Acier austénitique	500	418	415	420	390	350

Les valeurs intermédiaires sont à interpoler

## Table des matières

	Page
1. Domaine de validité . . . . .	1
2. Principes de base . . . . .	1
3. Conception des ouvertures . . . . .	2
4. Calcul . . . . .	3
5. Interaction entre ouvertures . . . . .	11
6. Epaisseur de paroi minimale dans la zone de l'ouverture . . . . .	13

### 1. Domaine de validité

Les règles de dimensionnement ci-après s'appliquent aux renforcement des ouvertures dans des éléments en forme de coques soumis à une pression intérieure ou extérieure.

### 2. Principes de base

#### 2.1 Règle de renforcement

Une découpe dans une coque est considérée comme suffisamment renforcée si, dans les limites selon chiffres 4 et 5, la section calculée enlevée par la découpe est compensée par une section de renforcement équivalente. Sont considérés comme renforcement:

- 1) surépaisseur de l'enveloppe
- 2) surlongueurs de tubulures et bossages
- 3) tôles de renforcement

#### 2.2 Sont considérées comme coques:

- 1) les cylindres et les manteaux coniques
- 2) les fonds bombés, demi-sphères et sphères

2.3 Les règles de dimensionnement s'appliquent aux ouvertures rondes ainsi qu'à d'autres formes, sous réserve du chiffre 2.4, pour autant que les dispositions suivantes soient respectées:

- 1)  $0,002 \leq s / D_a \leq 0,1$

Pour  $d_a / D_a \leq 0,3$  on peut admettre  $s / D_a \geq 0,001$ .

$s$  = épaisseur de paroi minimale nécessaire en mm, selon ASIT 301

$D_a$  = diamètre extérieur de la coque selon chiffre 2.2 en mm

$d_a$  = diamètre extérieur de l'ouverture en mm

- 2) Lors de l'utilisation optimale des sections portantes calculées, veiller à une conception correcte sur le plan contrainte et soudage (pas de solution de discontinuité brusque, pas d'entaille dans les soudures).
- 3) Les ouvertures dans des enveloppes en dehors de la zone  $0,8 D_a$  de fonds/demi-sphères ou avec un angle de raccordement  $< 30^\circ$  pour des cylindres/cônes sont à éviter. Si cela n'est pas possible pour des raisons de construction, les dispositions particulières des chiffres 4.3.2 et 4.3.3 sont déterminantes pour cette situation d'enveloppe.
- 4) Du point de vue résistance et allongement, les matériaux des renforcements doivent être semblables à ceux des enveloppes. Cette exigence est aussi valable pour les soudures.
- 5) Les caractéristiques mécaniques des matériaux de renforcement doivent être introduites dans les calculs si elles sont inférieures à celles de la paroi à renforcer.

## **2.4 Ouvertures non circulaires**

- 1) Pour les ouvertures ovales, c'est la plus grande largeur de la découpe qui est déterminante.
- 2) Les ouvertures anguleuses rectangulaire sont à éviter. Le remplacement dans le calcul par un cercle égal à la diagonale (cercle circonscrit) n'est normalement pas admis. Des ouvertures anguleuses sont cependant possibles s'il est démontré que les contraintes admissibles ne sont pas dépassées.

## **3. Conception des ouvertures**

- 3.1 Les soudures d'enveloppes ne doivent pas passer au travers d'ouvertures ou de leur zone d'influence. Si cela ne peut être évité, la soudure du manteau devra être soumise au moins sur la largeur portante de l'enveloppe B selon chiffre 4.2.3, à 100% à un contrôle non destructif (RT ou UT).
- 3.2 Les ouvertures doivent se situer en dehors de la zone de  $2 \times$  l'épaisseur de paroi au minimum à 20 mm de la soudure. Si les soudures sont recouvertes par des tôles de renfort selon chiffre 4.2.5, la soudure recouverte doit être arasée et soumise à 100% à un contrôle non destructif (RT ou UT).
- 3.3 L'épaisseur de la soudure doit avoir au moins les valeurs suivantes:
  - 1) pour les renforcements tubulaires, l'épaisseur de paroi de la partie la plus mince des deux éléments.

- 2) pour les tôles de renforcement, la moitié de la tôle de renforcement, les principes de construction pour l'exécution des renforcements selon ASIT 404 et 405.

## 4. Calcul

### 4.1 Ouvertures avec attestation simplifiée du renforcement

En tenant compte des suppléments d'épaisseur de paroi existants dans l'enveloppe, on peut pour les ouvertures isolées renoncer à l'attestation selon chiffre 4.2, si les conditions suivantes sont respectées:

$$1) d_a \leq \frac{2,4 \sqrt{D_a \cdot (s_e - c)}}{s} \quad (316.1)$$

$d_a$  = diamètre d'ouverture en mm

$D_a$  = diamètre extérieur de l'enveloppe selon chiffre 2.3 en mm

$s_e$  = épaisseur de paroi choisie (nominale) de l'enveloppe en mm

$s$  = épaisseur de paroi minimale nécessaire calculée de l'enveloppe non affaiblie en mm, selon les formules de dimensionnement de la série ASIT 300; le facteur de soudure étant alors pris à  $z = 1,0$

$c$  = supplément selon ASIT 301

- 2) la largeur du pont T vers les ouvertures voisines ne doit pas être inférieure à la valeur

$$T \leq 4,8 \sqrt{D_a \cdot (s_e - c)} \quad (316.2)$$

T = largeur du pont en mm

$D_a$ ,  $s_e$  et  $c$  selon alinéa 1)

### 4.2 Ouverture avec attestation du renforcement

#### 4.2.1 Surfaces découpées et surfaces de remplacement

Les surfaces découpées et les surfaces de remplacement doivent satisfaire aux conditions suivantes:

$$A \leq A_1 + A_2 + A_3 \text{ ou } A \leq A_4 \quad (316.3)$$

A = section enlevée selon chiffre 4.2.2

$A_1$  = excédent portant de la coque selon chiffre 4.2.3

$A_2$  = excédent portant de la tubulure selon chiffre 4.2.4

$A_3$  = section portante du renforcement selon chiffre 4.2.5

$A_a$  = section portante de la bride folle selon chiffre 4.2.6

En accord avec l'ASIT, on peut tolérer dans un cas particulier un manque jusqu'à 10% de la section de remplacement. Les points suivants doivent alors être respectés:

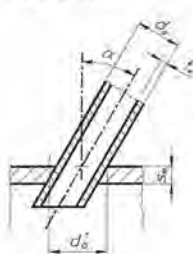
- 1) genre d'appareil, utilisation et fonctionnement
- 2) données de conception et qualité des matériaux

**4.2.2 Section enlevée A selon Fig. 316a**

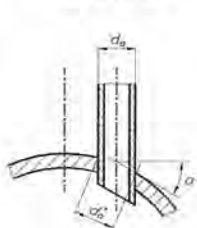
**Fig. 316a1**



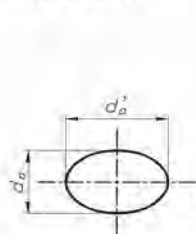
**Fig. 316a2**



**Fig. 316a3**



**Fig. 316a4**



$$A = d_a \cdot s \quad (316.4)$$

$d_a$  = Diamètre de l'ouverture en mm resp.  $d_a'$ , si:

- a) tubulure inclinée avec  $\alpha > 20^\circ$ , selon Fig. 316a2
- b) disposition non radiale de la tubulure avec  $\alpha > 20^\circ$ , selon Fig. 316a3
- c) ouvertures ovales, selon Fig. 316a4

$s$  = épaisseur de paroi d'enveloppe calculée sans supplément  $c$  en mm selon ASIT série 300, avec:

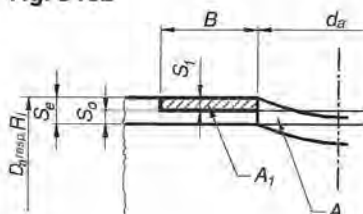
- a) facteur de soudure admis à  $z = 1$
- b) pour les fonds et les demi-sphères, l'épaisseur de paroi calculée pour les carres et la zone de la calotte selon ASIT 307 ou 308 sont à observer

$s_e \geq s + c$  = épaisseur de paroi choisie (nominale) en mm, selon ASIT 301

$c$  = supplément en mm selon ASIT 301

#### 4.2.3 Section exédentaire portante de l'enveloppe A<sub>1</sub> selon Fig. 316b

Fig. 316b



$D_a$  = diamètre extérieur de l'enveloppe en mm

$R_i$  = rayon intérieur du fond en mm

$s_e$  = épaisseur de paroi choisie (nominale) en mm

$s_a$  = épaisseur de paroi nécessaire en mm, y compris supplément ( $z = 1,0$ )

$c$  = supplément en mm, selon ASIT 301

$$A_1 = 2 \cdot B \cdot s_1 \quad (316.5)$$

$B$  = largeur portante en mm:

a) pour cylindres et fonds dans le domaine  $> 0,8 D_a$

$$Bx \leq \sqrt{D_a \cdot (s_e - c)}$$

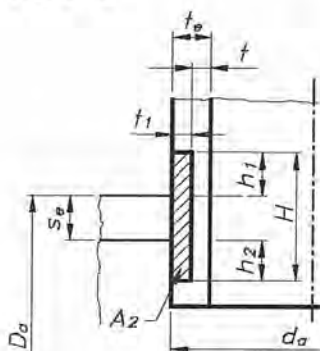
b) pour fonds dans le domaine  $\leq 0,8 D_a$

$$By \leq \sqrt{2R_i (s_e - c)}$$

$s_1 = s_e - c - s$  = excédent d'enveloppe en mm

#### 4.2.4 Section portante de la tubulure A<sub>2</sub> selon Fig. 316c

Fig. 316c



$t_e$  = épaisseur de paroi choisie (nominale) en mm

$t$  = épaisseur de paroi nécessaire en mm, sans supplément ( $z = 1,0$ ), selon ASIT 313

$d_a$  = diamètre extérieur de l'ouverture en mm

$c$  = supplément en mm, selon ASIT 301

$q$  = relation de résistance

$$q = \frac{f_{\text{tubulure}}}{f_{\text{enveloppe}}} \leq 1,0$$

$f$  = contrainte admissible en  $N/mm^2$  selon ASIT 301

$$A_2 = 2 \cdot H \cdot t_1 \cdot q \quad (316.6)$$

H = hauteur de renforcement en mm avec:

H =  $h_1 + s_e + h_2$  avec:

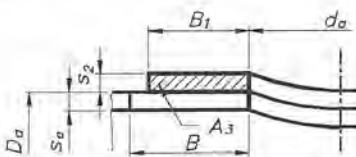
$$h_1 \leq 1,25 \sqrt{d_a \cdot (t_e - c)}$$

$$h_2 \leq 0,5 \cdot h_1$$

$t_1 = t_e - c - t =$  excédent de tubulure en mm

#### 4.2.5 Tôle de renforcement $A_3$ selon Fig. 316d

**Fig. 316d**



q = relation de résistance

$$q = \frac{f}{f \text{ enveloppe}} \leq 1,0$$

f = contrainte admissible en  $N/mm^2$ , selon ASIT 301

Pour les renforcements de fond, les tôles de renforcement pas au-delà de  $0,9 \cdot D_a$ , selon Fig. 316f.

$$A_3 = 2 \cdot B_1 \cdot s_2 \cdot q \quad (316.7)$$

$B_1 =$  largeur de tôle de renforcement en mm, soit:

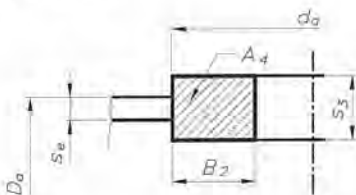
$$B_1 \leq B \text{ selon chiffre 4.2.3}$$

$s_2 =$  épaisseur de tôle de renforcement en mm, soit:

$$s_2 = 0,7 \text{ bis } 1,2 \cdot s_e$$

#### 4.2.6 Bride libre $A_4$ selon Fig. 316e

**Fig. 316e**



q = relation de résistance

$$q = \frac{f \text{ bride libre}}{f \text{ enveloppe}} \leq 1,0$$

f = contrainte admissible en  $N/mm^2$  selon ASIT 301

Il n'est pas tenu compte des trous de boulon.

$$A_4 = 2 \cdot B_2 \cdot s_3 \cdot q \quad (316.8)$$

$B_2$  = largeur calculée de la bride folle en mm, soit:

$$B_2 \leq 0,7 B \text{ selon chiffre 4.2.3}$$

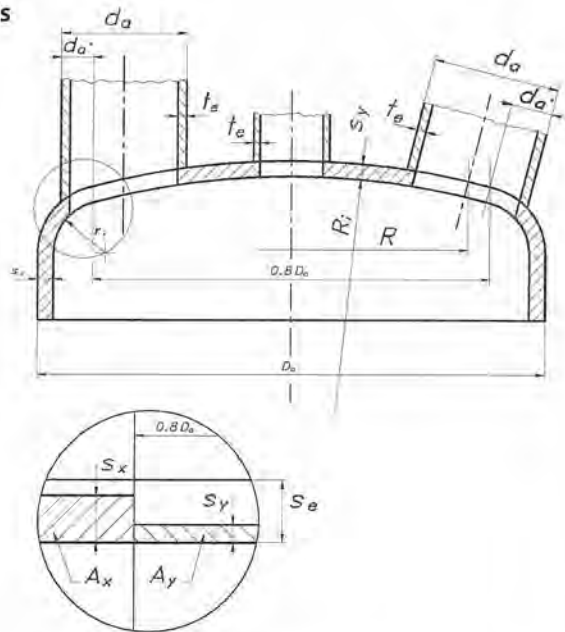
$s_3$  = épaisseur de paroi calculée de la bride folle en mm, soit:

$$s_3 \leq 0,7 \cdot B_2$$

### 4.3 Ouvertures dans les fonds

#### 4.3.1 Conditions

**Fig. 316f**



Les dispositions selon la Fig. 316f sont à observer, soit:

- 1)  $s_x$  = épaisseur de paroi calculée minimale nécessaire dans le domaine  $> 0,8 D_a$  calcul selon formule (307.1)
- 2)  $s_y$  = épaisseur de paroi calculée minimale nécessaire dans le domaine  $\leq 0,8 D_a$  calcul selon formule (307.3)
- 3)  $s_e$  = épaisseur de paroi choisie (nominale) dans le domaine correspondant ( $s_e \geq s_x + c$  ou  $s_e \geq s_y + c$ )
- 4)  $c$  = suppléments selon ASIT 301
- 5)  $t$  = épaisseur de paroi calculée minimale nécessaire, selon ASIT 313
- 6)  $t_e \geq t + c$  = épaisseur de paroi choisie (nominale), selon ASIT 301
- 7)  $d_a'$  = part d'ouverture dans le domaine  $> 0,8 D_a$



- 8)  $C_x = \frac{d_a'}{d_a}$  = coefficient dans la part découpée dans le domaine  $> 0,8 D_a$
- 9)  $C_y = \frac{d_a - d_a'}{d_a} \leq 0,8 D_a$  = coefficient dans la part découpée dans le domaine  $\leq 0,8 D_a$
- 10)  $B_x$  = largeur portante dans le domaine  $> 0,8 D_a$ , selon chiffre 4.2.3
- 11)  $B_y$  = largeur portante dans le domaine  $\leq 0,8 D_a$ , selon chiffre 4.2.3

#### 4.3.2 Ouvertures entièrement dans le domaine $\leq 0,8 D_a$ (cas général)

Si des ouvertures se trouvent entièrement dans le domaine  $\leq 0,8 \cdot D_a$  selon Fig. 316f, les dispositions suivantes sont applicables pour le remplacement de la surface:

- a)  $A \leq A_1 + A_2 + A_3$  ou  $A \leq A_4$  selon formule (316.3)
- b)  $t_e \leq 2 \cdot s_e$

#### 4.3.3 Ouvertures entièrement ou partiellement dans le domaine $> 0,8 D_a$ (cas particulier)

1) Si des ouvertures se trouvent entièrement dans le domaine  $> 0,8 \cdot D_a$  selon Fig. 316f, les dispositions suivantes sont applicables pour le remplacement de la surface:

- a)  $A \leq A_1 + A_2 + A_3$  ou  $A \leq A_4$  selon formule (316.3)
- b)  $t_e \leq s_e$
- c)  $A_3 = 0$ , le renforcement selon chiffre 4.2.5 n'est pas admis
- d)  $A_4 =$  La bride folle selon chiffre 4.2.6 n'est admise que dans les limites suivantes:
- 1) si le bord extérieur de la bride folle se trouve dans  $0,9 \cdot D_a$  et pas dans la zone de carre ( $\leq 0,8 \cdot D_a$ ), à l'exception de l'alinéa 2)
  - 2) si la bride folle se trouve dans la zone de carre ( $> 0,8 \cdot D_a$ ) en dehors de  $0,9 \cdot D_a$  et si l'ouverture est  $d_a \leq 0,1 \cdot D_a$ .

2) Détermination de surfaces pour des ouvertures partiellement dans le domaine  $> 0,8 \cdot D_a$

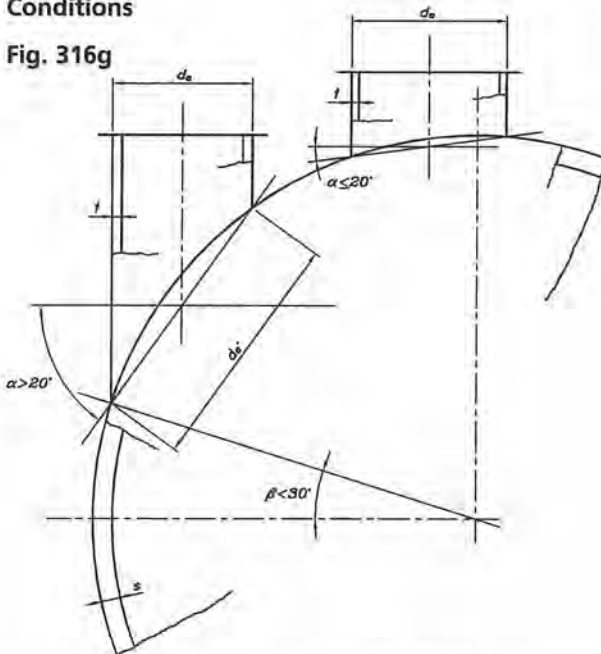
a)  $A = C_x \cdot d_a \cdot s_x + C_y \cdot d_a \cdot s_y$  (316.9)

- b)  $t_e \leq s_e$   
 c)  $A_1 = C_x \cdot 2 \cdot B_x \cdot (s_e - c - s_x) + C_y \cdot 2 \cdot B_y \cdot (s_e - c - s_y)$  (316.10)  
 d)  $A_2 =$  selon chiffre 4.2.4  
 e)  $A_3 = 0$ , le renforcement selon chiffre 4.2.5 n'est pas admis  
 f)  $A_4 =$  La bride folle selon chiffre 4.2.6 n'est admise que dans les limites suivantes:  
 1) si le bord extérieur de la bride folle se trouve dans  $0,9 \cdot D_a$  et pas dans la zone de carre ( $\leq 0,8 \cdot D_a$ ), à l'exception de l'alinéa 2)  
 2) si la bride folle se trouve dans la zone de carre ( $> 0,8 \cdot D_a$ ) en dehors de  $0,9 \cdot D_a$  et si l'ouverture est  $d_a \leq 0,1 \cdot D_a$ .

#### 4.4 Ouvertures pour cylindres, cônes et enveloppes sphériques

##### 4.4.1 Conditions

Fig. 316g



Les dispositions selon la Fig. 316g doivent être observées, soit:

- 1)  $s =$  épaisseur de paroi calculée minimale nécessaire en mm, sans supplément
- 2)  $s_e \geq s + c =$  épaisseur de paroi choisie (nominale) en mm, selon ASIT 301

- 3)  $t$  = épaisseur de paroi calculée minimale nécessaire en mm, sans supplément
- 4)  $t_e \geq t + c$  = épaisseur de paroi choisie (nominale) en mm, selon ASIT 301
- 5)  $c$  = suppléments en mm, selon ASIT 301
- 6)  $\alpha$  = angle de raccordement; pour  $\alpha > 20^\circ$  il faut prendre en compte  $d_a'$  au lieu de  $d_a$
- 7)  $\beta$  = angle de raccordement vers le bord extérieur. Ouverture; pour  $\beta \geq 30^\circ$  les dispositions selon le chiffre 4.4.2, pour  $\beta < 30^\circ$  les dispositions selon le chiffre 4.4.3 sont déterminantes

#### 4.4.2 Ouvertures dans le domaine $\beta \geq 30^\circ$ (cas général)

Si des ouvertures se trouvent entièrement dans le domaine  $\beta \geq 30^\circ$  selon Fig. 316g, les dispositions suivantes sont applicables pour le remplacement de la surface:

- a)  $A \leq A_1 + A_2 + A_3$  ou  $A \leq A_4$  selon formule (316.3)
- b)  $t_e \leq 2 \cdot s_e$

#### 4.4.3 Ouvertures dans le domaine $\beta < 30^\circ$ (cas particulier)

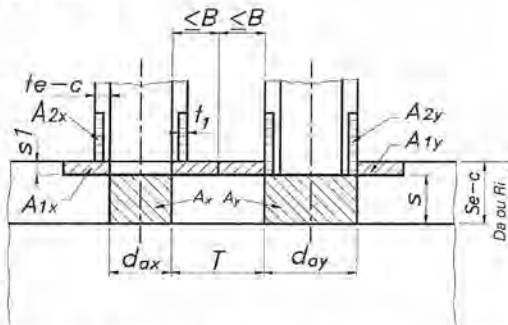
Si des ouvertures se trouvent entièrement ou partiellement dans le domaine  $\beta < 30^\circ$  selon Fig. 316g, les dispositions suivantes sont applicables pour le remplacement de la surface:

- a)  $A \leq A_1 + A_2 + A_3$  ou  $A \leq A_4$  selon formule (316.3)
- b)  $t_e \leq 2 \cdot s_e$
- c)  $A_3$  = Le renforcement selon chiffre 4.2.5 n'est admis que dans les limites suivantes, soit:  $s_2 \leq 0,8 s_e$  selon Fig. 316d
- d)  $A_4$  = La bride folle selon chiffre 4.2.6 n'est pas admise
- e) Pour les enveloppes hémisphériques et sphériques, il faut tenir compte de la plus grande épaisseur de paroi pour ce domaine selon les dispositions de l'ASIT 308.

## 5. Interaction entre ouvertures

### 5.1 Conditions

Fig. 316h



Les dispositions selon la Fig. 316h sont à observer, soit:

- 1)  $A_x$  et  $A_y$  = surface découpée selon chiffre 4.2.2
- 2)  $A_{1x}$  et  $A_{1y}$  = section excédentaire portante de l'enveloppe selon chiffre 4.2.3
- 3)  $A_{2x}$  et  $A_{2y}$  = section excédentaire portante de la tubulure selon chiffre 4.2.4
- 4)  $B$  = largeur portante selon chiffre 4.2.3
- 5)  $T$  = largeur du pont = distance entre 2 ouvertures

### 5.2 Vérification

- 1) La possibilité d'une interaction doit être vérifiée et prise en compte si l'une des valeurs suivantes est dépassée vers le haut ou le bas:

$$a) \frac{A_x + A_y}{2} > \frac{A_{1x} + A_{2x} + A_{1y} + A_{2y}}{2} \quad (316.11)$$

$$b) T < 2 \sqrt{D_a (s_e - c)} \text{ oder } 2 \sqrt{2 R_i (s_e - c)} \quad (316.12)$$

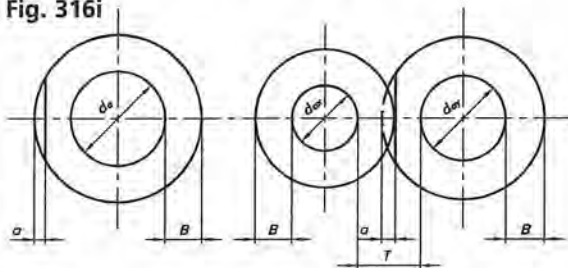
- 2) Dans les ouvertures selon chiffre 4.3.3 pour les fonds ou selon chiffre 4.4.3 pour les cylindres, cônes et enveloppes sphériques, la largeur du pont doit satisfaire en plus de l'alinéa 1) à la valeur minimale suivante:

$$T \geq 0,5 d_{ax} + 0,5 d_{ay} \quad (316.13)$$

- 3) Dans le cas particulier, si la construction ne le permet pas autrement, la largeur du pont peut être exécutée plus petite, en accord avec l'ASIT, en tenant compte des critères suivants:
- Genre d'appareil et d'application
  - Données de conception et qualité du matériau

### 5.3 Surfaces découpées $A_1$ et/ou $A_3$

Fig. 316i



Les dispositions selon la Fig. 316i sont à observer, soit:

- $a$  = découpe de la largeur  $B$
- $B$  = largeur portante selon chiffre 4.2.3  
Dans le cas particulier, la largeur portante nécessaire  $B$  peut présenter un aplatissement de la grandeur

$$a \leq 0,3 B \quad (316.14)$$

soit pour:

- $A_1$  = excédent d'enveloppe selon chiffre 4.2.3
- $A_3$  = tôle de renfort selon chiffre 4.2.5
- En général, pour des ouvertures selon chiffre 4.3.3 pour les fonds ou selon chiffre 4.4.3 pour les cylindres, cônes et enveloppes sphériques, aucun aplatissement n'est à prévoir.

## **6. Epaisseur de paroi minimale dans la zone de l'ouverture**

### **6.1 Domaine de l'enveloppe**

L'épaisseur de paroi minimale de parties d'enveloppes doit satisfaire indépendamment d'un éventuel renfort des exigences selon ASIT 301.

### **6.2 Tubulures**

- 1) L'épaisseur de paroi minimale de tubulures doit satisfaire indépendamment d'un éventuel renfort aux exigences selon ASIT 313.
- 2) L'épaisseur de paroi minimale pour le raccordement de brides est défini dans ASIT 314, chiffre 5.1.3. alinéa 4).

## Table des matières

	Page
1. Domaine de validité . . . . .	1
2. Principes de base . . . . .	1

### **1. Domaine de validité**

Les principes ci-après résument la marche à suivre et les conditions à respecter lorsque, pour des constructions spéciales, les dispositions des prescriptions ASIT volume 1 resp. des diverses prescriptions techniques des sections 600 à 900 ne sont pas adéquates.

### **2. Principes de base**

#### **2.1 Conception selon d'autres prescriptions**

- 2.1.1 Dans des cas isolés, des appareils dimensionnés selon d'autres codes peuvent être reconnus. Le calcul complet doit alors être remis à l'ASIT qui peut exiger des extraits du code concerné.
- 2.1.2 Si, à la demande de l'exploitant, les appareils doivent satisfaire à plusieurs codes, les exigences du code ASIT au moins doivent être respectées. Les dérogations éventuelles sont à convenir avec l'ASIT.

#### **2.2 Analyse des contraintes**

- 2.2.1 Pour des conditions et des constructions exceptionnelles, le constructeur doit, à la demande de l'ASIT, appuyer son projet par une justification des contraintes selon une méthode de calcul adéquate.
- 2.2.2 Pour des constructions avec des contraintes mal connues, l'ASIT se réserve de demander des mesures d'allongement sur l'appareil fini ou sur des modèles représentatifs.
- 2.2.3 En accord avec l'ASIT, des contraintes plus élevées que selon l'ASIT 301 peuvent être admises si elles sont étayées par une analyse des contraintes détaillée liée en général à des mesures d'allongement.

2.2.4 La valeur minimale exigée pour le rapport: 
$$\frac{\text{pression effective d'éclatement}}{\text{pression effective de service admissible}}$$

est fixée de cas en cas par l'ASIT en tenant compte des propriétés des matériaux et de la température de calcul de l'appareil. En général, la valeur minimale est de 20% plus élevée que le facteur de sécurité  $x_1$  du matériau correspondant, selon ASIT 301.