



QVF
COMPOSANTS



CONSTRUCTION D'APPAREILLAGES EN VERRE BOROSILICATE 3.3

Les canalisations, les appareils et les installations de QVF en verre borosilicaté 3.3 sont largement utilisés dans l'industrie chimique et pharmaceutique ainsi que dans de nombreux secteurs connexes: entreprises agro-alimentaires, teintureries ou galvanoplastie. Ceci s'explique non seulement par les caractéristiques particulières du verre borosilicaté 3.3 et par l'utilisation de matériaux présentant une résistance pratiquement universelle à la corrosion tels que le PTFE, la céramique, etc., mais aussi par le fait que le verre borosilicaté 3.3 est un matériau homologué pour la construction d'équipements sous pression et qui a largement fait ses preuves.

Il convient également de mentionner, dans ce contexte, le haut degré de fiabilité des assemblages mécaniques de tous les composants, résistant à des sollicitations élevées. Cette fiabilité est le fruit d'une conception des embouts plans des canalisations optimisée et adaptée au matériau pour l'ensemble de la gamme, le tout étant complété par un système très fiable de brides d'assemblage.

L'ensemble du programme des composants disponibles en standard est décrit dans les chapitres suivants.

Composition chimique du verre borosilicaté 3.3

Les propriétés particulières, et notamment la résistance chimique élevée, la résistance à la température et le faible coefficient de dilatation linéaire du verre borosilicaté 3.3 que nous utilisons systématiquement pour la construction d'équipements, sont liées au respect scrupuleux de sa composition chimique, qui est la suivante :

Tableau 1

Matière	Composition en % pds
SiO ₂	80.6
B ₂ O ₃	12.5
Na ₂ O	4.2
Al ₂ O ₃	2.2
Éléments en traces	0.5

Propriétés du verre borosilicaté 3.3

L'utilisation très répandue au niveau mondial de ce matériau dans l'industrie chimique et pharmaceutique ainsi que dans de nombreux secteurs connexes s'explique en particulier par ses propriétés chimiques et thermiques (voir aussi DIN ISO 3585) ainsi que par les nombreux autres avantages du verre borosilicaté 3.3 par rapport à d'autres matériaux, et notamment

- sa surface lisse et dépourvue de pores
- son inertie catalytique
- sa neutralité physiologique
- sa neutralité olfactive et gustative
- son incombustibilité
- sa transparence

Résistance chimique

La résistance chimique du verre borosilicaté 3.3 est pratiquement universelle et, de ce fait, beaucoup plus étendue que celle de nombreux autres matériaux connus. Il est très résistant à l'eau, aux solutions salines, aux substances organiques, aux halogènes tels que le chlore et le brome et à de nombreux acides. Par contre, l'acide fluorhydrique ainsi que l'acide phosphorique concentré et les solutions alcalines à des températures élevées attaquent nettement la surface du verre borosilicaté 3.3. A température ambiante, il supporte toutefois sans problème les solutions alcalines jusqu'à une concentration de 30 %.

Le classement du verre borosilicaté 3.3 selon les méthodes d'examen applicables donne les résultats suivants (voir aussi ISO 3585 et EN 1595).

Tableau 2

Résistance à l'eau à 98 °C	Classe de résistance à l'eau IQO 719-HGB 1 Méthode aux grains
Résistance à l'eau à 121 °C	Classe de résistance à l'eau IQO 720-HGA 1 Méthode aux grains
Résistance aux acides	Dépôt de Na_2O < 100 mg/dm ² de ISO 1776
Résistance aux bases	Résistance aux bases classe ISO 695-A2

Le graphique suivant donne des informations supplémentaires sur l'attaque du verre par les acides et les bases.

Les courbes de la fig. 1 présentent, pour différents acides, un maximum d'abrasion dans la plage de concentration entre 4 et 7 (HCl p. ex. à l'azéotrope avec 20,2 %). Au-delà, la vitesse de réaction décroît considérablement, à tel point que l'épaisseur de la couche attaquée au bout de plusieurs années ne dépasse pas quelques millièmes de millimètres. On peut donc dire, à juste titre, que le verre borosilicaté 3.3 est un matériau résistant aux acides.

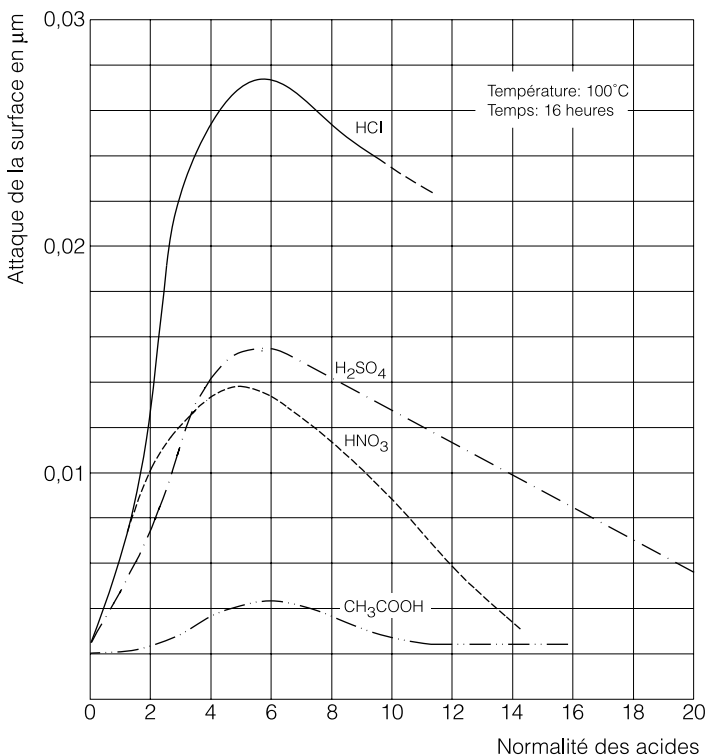


Fig.1
Attaque du verre borosilicaté 3.3 par les acides en fonction de la concentration

Les courbes de corrosion de la figure 2 montrent que l'attaque de la surface du verre augmente tout d'abord en fonction de la concentration pour atteindre une valeur maximale, au-delà de laquelle elle devient pratiquement constante. L'intensité de l'attaque augmente avec la température. A contrario, à basse température, la vitesse de réaction est tellement faible que la diminution de l'épaisseur de paroi au cours des années n'est pratiquement pas quantifiable.

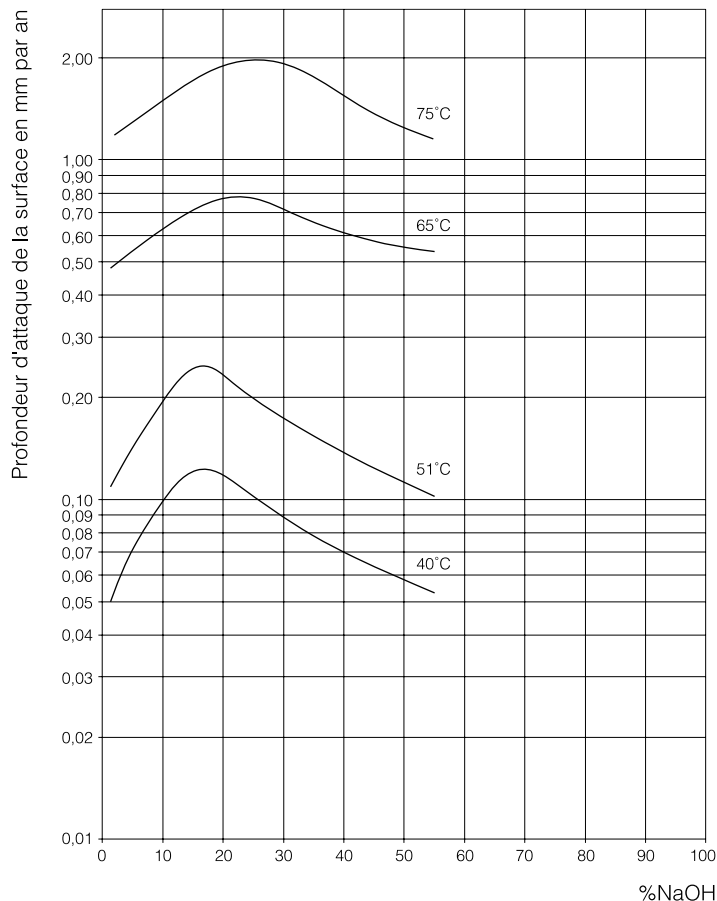


Fig. 2
Attaque du verre borosilicaté 3.3 par les bases en fonction de la température

Propriétés physiques

Par rapport à d'autres matériaux utilisés pour la construction d'équipements, le verre borosilicaté se distingue non seulement par sa résistance quasi-universelle à la corrosion (voir ci-dessus), mais aussi par son très faible coefficient de dilatation thermique. De ce fait, il n'est pas nécessaire de recourir à des solutions onéreuses de compensation des dilatations thermiques. Ce point revêt notamment toute son importance dans le cadre de la pose de canalisations de grande longueur.

Les caractéristiques physiques importantes pour la construction d'équipements sont regroupées dans le tableau suivant (voir aussi DIN ISO 3585 et EN 1595).

Tableau 3

Coefficient de dilatation linéaire moyen	$\alpha_{20/300} = (3,3 \pm 0,1) \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
Conductivité thermique moyenne entre 20 et 200 °C	$\lambda_{20/200} = 1,2 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$
Chaleur spécifique moyenne entre 20 et 100 °C	$C_{p\ 20/100} = 0,8 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$
Chaleur spécifique moyenne entre 20 et 200 °C	$C_{p\ 20/200} = 0,9 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$
Densité à 20 °C	$\rho = 2,23 \text{ kg dm}^{-3}$

Propriétés optiques

Le verre borosilicaté 3.3 ne présente pas de phénomène d'absorption notable dans le spectre visible et garde ainsi un aspect transparent et incolore.

La transmission de la lumière dans l'ultraviolet du verre borosilicaté 3.3, particulièrement importante pour les réactions photochimiques, est légèrement supérieure à celle du verre normal dans le milieu du spectre. Comme le montre la courbe de degré de transmission de la figure 3, ce matériau convient parfaitement pour la réalisation de réactions de chloration ou de sulfochloration. La molécule de chlore absorbe la lumière dans la plage de 280 à 400 nm et transmet ainsi l'énergie de rayonnement.

Dans le cas de travaux sur des substances photosensibles, il est recommandé d'utiliser du verre borosilicaté 3.3 teinté (verre brun). Déposé à demeure, ce revêtement spécial permet de réduire au minimum la transmission dans l'ultraviolet, et la crête d'absorption se décale ainsi dans la plage des longueurs d'onde de l'ordre de 500 nm, comme le montre également la figure suivante.

Les composants à revêtement Sectrans dont la crête d'absorption se situe vers 380 nm conviennent également pour des applications de ce type.

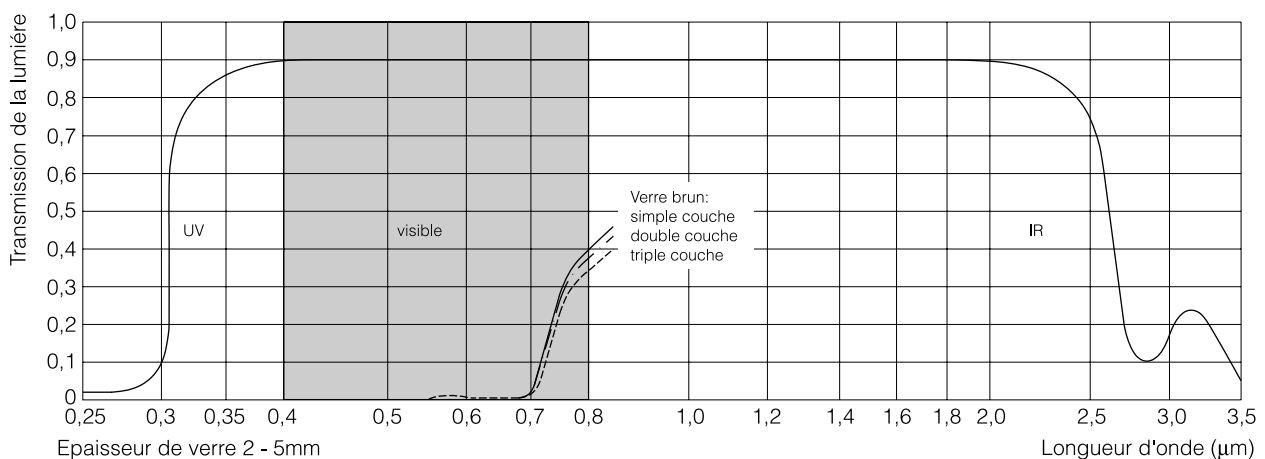


Fig. 3
Transmission de la lumière du verre borosilicaté 3.3

Propriétés mécaniques

Les valeurs de résistance admissibles indiquées pour le verre borosilicaté 3.3 (voir tableau 4) intègrent un coefficient de sécurité résultant de l'expérience acquise dans le domaine du comportement mécanique du verre, et qui s'impose notamment par le fait qu'il s'agit d'un matériau non ductile. Par rapport à d'autres matériaux courants, il n'est pas en mesure d'absorber les crêtes de tension au niveau de raccords mal alignés ou de petites fissures, comme c'est le cas pour un matériau ductile (p. ex. métallique). De plus, le facteur de sécurité tient compte du traitement ultérieur des composants (surfaces d'étanchéité rectifiées), de leur manipulation (micro imperfections de surface) et des contraintes admissibles en service sous l'effet de la pression et de la température.

Ainsi, les valeurs indiquées dans le tableau suivant et les caractéristiques de calcul définies dans la norme EN 1595 représentent les contraintes de traction, de flexion et de compression admissibles pour des composants en verre, compte tenu de l'état de surface prévisible dans la pratique.

Tableau 4

Résistance à la traction et à la flexion	$K/S = 7 \text{ N mm}^{-2}$
Résistance à la compression	$K/S = 100 \text{ N mm}^{-2}$
Module d'élasticité	$E = 64 \text{ kN mm}^{-2}$
Nombre de Poisson (indice de contraction transversale)	$\nu = 0.2$

Conditions de service admissibles

Les valeurs admissibles de température et de pression de service sont des paramètres systématiquement interdépendants, notamment en raison des tensions thermiques au niveau des parois générées par les différences de température entre l'intérieur et l'extérieur du composant en verre. Elles viennent en effet se combiner aux tensions résultant de la pression de service, réduisant ainsi sa valeur. La présence d'une double enveloppe réduit les tensions thermiques et peut donc être imposée pour la réalisation d'une installation.



Les composants à double enveloppe sont décrits page 1.10.

Température de service admissible

Le verre borosilicaté 3.3 ne commence à se déformer qu'à des températures proches du point de solidification (env. 525 °C) et conserve ses caractéristiques mécaniques jusqu'à cette température. La température de service admissible est toutefois nettement plus faible et se situe – sauf spécification contraire (voir page 1.8) à 200 °C, sous réserve que les composants ne soient pas soumis à de brusques chocs thermiques. Dans des cas exceptionnels nécessitant des mesures spéciales, la température de service peut atteindre 300 °C.

Ces indications de température doivent éventuellement être modifiées lorsque les conditions de service effectives l'imposent.

Pour les températures négatives, on observe une augmentation de la résistance à la traction. Le verre borosilicaté 3.3 peut donc s'utiliser sans danger jusqu'à des températures de -80 °C.

Choc thermique

Il convient d'éviter les variations rapides de température au niveau des parois des composants en verre en cours de fonctionnement, et ce tant au niveau de la paroi intérieure qu'à l'extérieur. Elles provoquent des contraintes supplémentaires qui ont des répercussions négatives sur la pression de service admissible des composants de l'installation, comme on vient de l'expliquer précédemment. Du fait de l'impossibilité de définir une valeur applicable à pratiquement toutes les conditions de service rencontrées dans la pratique, on donne généralement une valeur indicative de choc thermique admissible de 120 K.

Pression de service admissible

Quel que soit leur diamètre nominal, les composants en verre constitués d'éléments de base cylindriques, à fond bombé ou plat peuvent – sauf indication contraire – être utilisés sous vide poussé (-1 bar).

Les pressions de service admissibles indiquées dans les tableaux 5 à 8 s'appliquent donc à ces composants en verre en fonction de leur diamètre nominal DN ou de leur diamètre D (pour les sphères) et des différences de température existant entre l'intérieur (côté produit) et l'extérieur (air ambiant). Vous trouverez dans le paragraphe suivant de plus amples détails sur le dimensionnement des composants en verre borosilicaté 3.3.



Les parties internes des échangeurs de chaleur sont traitées de manière spécifique au chapitre 5 dans les descriptions des produits correspondants.

En cas de surpression de gaz dans des appareils en verre, il convient de prévoir des dispositifs de sécurité appropriés. Nos ingénieurs se feront un plaisir de vous conseiller.

Des pressions internes plus élevées sont éventuellement possibles en fonction de la forme du composant en verre et des conditions de service considérées. Dans ce cas, le composant comporte à la livraison un marquage selon la norme EN 1595.

Conditions de service générales

Température de service $T_B = 200 \text{ °C}$

Différence de température $\Delta\theta \leq 180 \text{ K}$

Coefficient de transfert thermique à l'intérieur $\alpha_i = 1200 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$, $\alpha_a = 11.6 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$

Tous les composants conviennent pour un fonctionnement sous vide poussé $p_s = -1 \text{ bar g}$

Tableau 5: Composants en verre hors ballons sphériques

	Diamètre nominal DN												
	15	25	40	50	80	100	150	200	300	450	600	800	1 000
Composant en verre p _s (bar g)	4	4	4	4	3	2	2	1	1	0,6	0,6	0,6	0,6

Tableau 6: Ballons sphériques

	p _s (bar g)	Volume nominal (l) / Diamètre D (mm)					
		10/280	20/350	50/490	100/610	200/750	500/1005
Ballon sphérique		1	1	0,6	0,6	0,6	0,3

Tableau 7: Robinetteries avec soufflets

Robinetterie	p _s (bar g)	Diamètre nominal de raccordement DN					
		15	25	40	50	80	100
PVD, PED, PVA, PVL, DPVD, DPED, PVF, PVS, PVM, PES, PEM		3	3	3	2	1,5	-
PRV, PRS, PRM, OF, BAS, BAL, BASP, PVW, PEV, PEVW		3	3	3	2	1,5	-
SVF		-	2	-	2	-	2

Tableau 8: Clapets anti-retour, robinets à boisseau sphérique, filtres

Robinetterie	p _s (bar g)	Diamètre nominal de raccordement DN						
		15	25	40	50	80	100	150
PFC		-	3	3	2	-	1	-
NRV, RK, RKP, MV, KH, KHP, KHK, KHPP		4	4	4	4	3	2	2

Dimensionnement des composants en verre

Les calculs de résistance indiqués dans le présent catalogue pour tous les composants en verre borosilicaté 3.3 sont basés sur les paramètres suivants :

- La pression admissible.
Elle est comprise entre -1 bar (vide) et +4 bars (DN 15 à DN 50) et +0,6 bar (DN 1000) ou +1 bar (ballons de 10 l à 20 l) à + 0,3 bar (ballon de 500 l).
- La différence de température admissible ($\Delta\theta$) entre l'extérieur (air ambiant) et l'intérieur (côté produit). Pour les composants standards, elle a été fixée à 180 K et correspond à la différence entre la température de service admissible de 200 °C et la température ambiante de 20 °C. Pour des différences de température plus élevées, la plage de pression admissible devra être réduite.
- Le coefficient de transfert thermique (α_a) sur la paroi du verre.
Il dépend du lieu d'implantation des équipements et a une influence significative sur la différence de température $\Delta T = k \cdot \Delta\theta \cdot s / \lambda$ entre les parois intérieure et extérieure du composant. Une augmentation de cette valeur entraîne une réduction de la pression de service ou du vide liée à l'accroissement des tensions thermiques. Les valeurs du coefficient thermique indiquées dans le tableau suivant sont basées sur le calcul et l'expérience acquise.

Tableau 9

Lieu d'implantation	Coefficient de transfert thermique (W·m ⁻² ·K ⁻¹)	Utilisé pour les tableaux
Dans un bâtiment, exposé aux courants d'air	11,6	5 et 6
A l'air libre, protégé du vent	11,6	5 et 6

- Le coefficient de transfert thermique (α_i) prévisible au niveau de la paroi intérieure influe également sur la différence de température ΔT entre les parois intérieure et extérieure du composant. La valeur couramment admise de 1200 W/m²·K⁻¹ couvre la plupart des conditions rencontrées dans la pratique.



Le calcul de résistance proprement dit s'effectue sur la base de l'ouvrage de référence AD et des spécifications de la norme EN 1595.

Marquage des composants en verre

L'identification des composants en verre borosilicaté 3.3 utilisables sans exception pour les équipements sous pression satisfait aux exigences de la directive relative aux réservoirs sous pression 97/23/CE ainsi que de la norme EN 1595 ("Réservoirs sous pression en verre"). Les indications supplémentaires sur les composants servent à l'assurance-qualité (traçabilité, utilisation conforme chez le client, etc.). Elles ont été définies en accord avec les organismes compétents en charge de la surveillance de notre système d'assurance-qualité et de notre production.

Les différentes possibilités d'identification représentées sur les figures 4 à 6 correspondent aux cas de figure suivants:

Tableau 10

Fig. 4	Pièces standard du catalogue
Fig. 5	Pièces spéciales avec conditions de service du catalogue
Fig. 6	Pièces spéciales dont les pressions et/ou les températures de service diffèrent des indications du catalogue



Contrairement aux indications du tableau 10, les composants de DN 15 et DN 25 peuvent être réalisés sans le label CE (voir à ce sujet l'article 3, paragraphe 3 de la directive 97/23/CE).

Le marquage permet de décrypter les informations suivantes :

Tableau 11

Partie du marquage	Signification	Remarque
Logo QVF	Fabricant du composant	
CE 0035	Label CE avec numéro de l'organisme correspondant	
Boro 3.3	Matériau : verre borosilicaté 3.3	
M, (S, P)	Site de fabrication	M=Mainz (D), S=Stafford (GB) P=Paris (F)
7	Caractéristique de résistance selon EN 1595	
02	Référence du catalogue	02=2002
123456	N° fabrication	Numérotation en continu
PS150/1500	Référence de l'article	Pour les pièces standard
SK4712	N° de plan	Pour les pièces spéciales avec pression de service admissible selon catalogue en vigueur
p=-1/+5 bar	Pression de service admissible	Diffère de celle indiquée dans le catalogue
$\Delta\theta \leq 180$ K	Différence de température admissible	Cette indication va de pair avec la pression de service ; le cas échéant, elle peut également différer de celle indiquée dans le catalogue en vigueur



Fig. 4



Fig. 5



Fig. 6

Embouts plans de sûreté

Dans la pratique, les embouts de raccordement des composants en verre borosilicaté 3.3 doivent faire face non seulement aux contraintes de traction et de compression générées par un fonctionnement sous pression ou sous vide ainsi qu'aux tensions thermiques induites par la température de service, mais aussi aux contraintes générées par les forces de serrage des assemblages. Pour garantir la sécurité, il faut donc que l'embout ne soit sollicité que de manière minimale par la somme de ces différentes contraintes – ce à quoi contribue naturellement l'agencement des raccords à brides – et qu'il soit en même temps réalisable avec les moyens techniques existants. Les surfaces d'étanchéité polies au feu dans la plage de DN 15 à 300 contribuent de manière décisive à cette sécurité.

Les principales dimensions des embouts plans de sûreté figurent dans le tableau suivant, avec les illustrations correspondantes en regard.

Tableau 12

DN	D1	D2	D3	D4	Version
15	16.8	28.6	23	15.5 – 17.5	A
25	26.5	42.2	34	25 – 27	A
40	38.5	57.4	48	36.5 – 39.75	A
50	50.5	70	60.5	48 – 52	A
80	76	99.2	88	72 – 78	A
100	104.5	132.6	120.5	97.6 – 110	A
150	154	185	172	150 – 156	A
200	203	235	220	197 – 205	B
300	300	340	321	299 – 303	B
450	457	528	-	444 – 456	C
600	614	686.5	-	592 – 599	C
800	838 – 816	920	-	799 – 805	C
1000	1052 – 988	1093	-	976 – 983	C

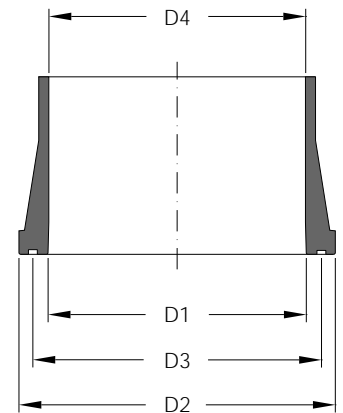


Les raccords en verre ou en PTFE décrits au chapitre 2 "Canalisations" permettent l'assemblage direct de composants en verre à embouts plans de sûreté et de composants à embouts mâles sphériques.

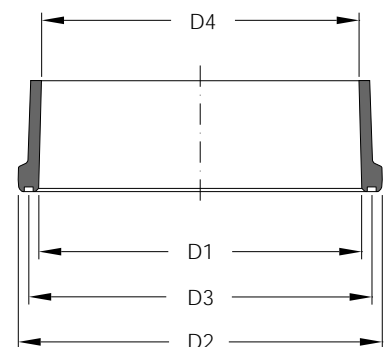
Tous les composants à embouts plans de sûreté permettent, en liaison avec les systèmes de brides décrits au chapitre 9 «Assemblages», de réaliser des liaisons mécaniques très résistantes et assurant une grande sécurité de fonctionnement. Dans ce contexte, il convient de mentionner tout particulièrement les détails essentiels suivants :

- Les gorges dans la surface d'étanchéité polie au feu des DN 15 à DN 300 servent de logement pour le joint torique et empêchent que ce dernier ne soit chassé vers l'extérieur sous l'effet de la pression interne.
- Les joints articulés (voir chapitre 9 «Assemblages») autorisent des écarts angulaires jusqu'à 3°, ce qui permet une réalisation simple et sûre de systèmes même particulièrement complexes.

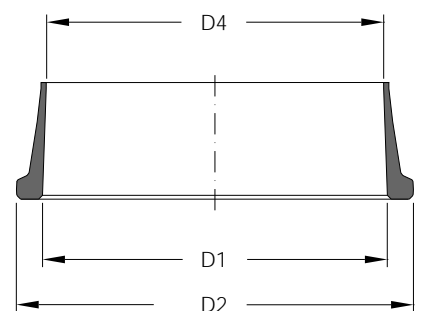
A



B



C



Composants en verre à double enveloppe

Du fait de leur concept, ces composants en verre borosilicaté 3.3 offrent une solution adaptée et pratique. Ils sont largement utilisés dans l'industrie chimique et pharmaceutique ainsi que dans de nombreux secteurs connexes ; entreprises agro-alimentaires, teintureries ou galvanoplastie. Ils permettent non seulement de limiter les déperditions thermiques pour des raisons économiques, mais aussi de conserver les propriétés des produits, d'empêcher la cristallisation ou d'inhiber des réactions secondaires avec ces produits. L'avantage d'une parfaite visibilité pour le contrôle du procédé est conservé.



Vous trouverez les composants à double enveloppe dans les chapitres correspondants du présent catalogue.

Pour les canalisations de faible longueur, les raccords et les ballons sphériques jusqu'à une capacité nominale de 50 l, la double enveloppe d'une seule pièce est soudée des deux côtés. Dans tous les autres cas, il faut compenser les différences de dilatation longitudinale entre la partie intérieure et l'enveloppe.

Les canalisations de grande longueur ont une enveloppe soudée des deux côtés, mais elle comporte en son milieu un joint de dilatation étanche et flexible. Pour les réacteurs, seule la partie supérieure est soudée, et la tubulure de vidange est dotée d'un joint flexible.

Les raccordements au niveau des double enveloppes sont du type à embout plan. Vous trouverez de plus amples détails sur les possibilités de raccordement dans la description des produits concernés.

Conditions de service admissibles

Les pressions de service applicables à l'enveloppe intérieure des composants à double enveloppe sont identiques à celles des versions sans double enveloppe (voir page 1.7). Les différences résident au niveau de la température de service admissible à l'intérieur et des conditions de service dans la double enveloppe élastique. Ces différences sont dues à la présence du joint élastique qui permet de compenser les différences de dilatation thermique entre l'intérieur et l'extérieur, mais qui ne présente pas les mêmes valeurs de résistance thermique et mécanique que le verre borosilicaté.

Température de service admissible :

En tenant compte d'un facteur de sécurité suffisamment élevé, la température de service admissible est de -80 °C à +200 °C dans la partie intérieure et de -50 °C à +180 °C dans la partie extérieure. La différence maximale de température admissible entre l'intérieur et l'extérieur ne doit pas dépasser 180 K.

Pression de service admissible :

La pression de service admissible dans la double enveloppe est de +0,5 bar.

Installations satisfaisant aux conditions GMP

Le choix des composants et des appareils pour la construction d'installations satisfaisant aux directives GMP nécessitent un soin particulier de la conception et du choix des composants et des matériaux utilisés. Les propriétés particulières, très appréciées dans le secteur pharmaceutique du verre borosilicaté 3.3 associé à des matériaux tels que l'acier émaillé (pour les réacteurs, les robinetteries) et le PTFE (pour les soufflets, les revêtements) homologués selon le catalogue de la FDA garantit la compatibilité avec le produit. Le choix approprié de la forme des composants, de leur agencement et de robinetteries appropriées permet de réaliser des installations exemptes de zones de rétention, garantissant une vidange intégrale et une possibilité de nettoyage simple et efficace. Des assemblages et des supports en inox (voir chapitre 9 »Assemblages et joints« et chapitre 10 »Charpentes/Supports«) permettent de satisfaire aux impératifs des salles blanches.

Nous nous ferons un plaisir de vous conseiller dans le cadre de l'agencement d'équipements satisfaisant aux conditions GMP sur la base des dispositions légales en vigueur et des préconisations élaborées par nos soins.

Protection contre les agressions mécaniques extérieures

Afin de protéger la surface du verre contre les endommagements extérieurs tels que les rayures ou les chocs, les composants en verre borosilicaté 3.3 peuvent être enrobés de différents revêtements, revêtement transparent ou gainé fibres de verre/époxy. Ces deux types de revêtements peuvent être déposés sur tous les composants en verre, quelle que soit leur forme. Ils sont dans une large mesure résistants aux produits chimiques et aux intempéries, inoffensifs pour la santé, et ne dégagent pas de gaz ni d'odeurs gênantes lorsqu'ils sont chauffés.



Ces revêtements n'augmentent pas les pressions de service admissibles des composants en verre.

Il est recommandé, et parfois même imposé par des dispositions locales (p. ex. point 9 des règles techniques relatives aux réservoirs sous pression TRB 801 en Allemagne) de prévoir des cloisons spéciales de protection des réservoirs sous pression en verre borosilicaté 3.3 contre les risques mécaniques extérieures dans les zones de travail et de circulation.

Composants en verre revêtus et gainés

Le Sectrans est un revêtement polyuréthane transparent qui est déposé par un procédé de pulvérisation en couches d'épaisseur définie sur les composants en verre. La température de service continu de ce matériau est de 140 °C, mais il peut supporter brièvement une température de 180 °C. Au-delà de 140 °C, il se peut que le revêtement jaunisse. Ce phénomène n'altère toutefois pas la fonction de protection ni la transparence du matériau.

En cas de casse du verre, le revêtement Sectrans assure une protection contre les éclats ainsi qu'une certaine protection contre les fuites de produit en cas de fonctionnement à pression atmosphérique. Si le composant en verre est utilisé à sa pression de service admissible, les fuites sont possibles.

Une protection anti-UV intégrée dans le revêtement permet de travailler avec des substances photosensibles.

Le gainage armé de fibres de verre se compose d'un tissu en fibres de verre et de résine époxy. Le tissu est découpé en suivant la forme du composant et déposé sur ce dernier en veillant à ce que les couches se chevauchent. L'ensemble est ensuite imprégné de résine époxy. Le durcissement de la résine s'effectue à température ambiante. Ce revêtement assure une certaine transparence qui est toutefois nettement inférieure à celle d'un revêtement Sectrans. La température de service maximale admissible des composants en verre gainés fibres de verre/époxy est de l'ordre de 150°C.

En cas de casse du verre, le gainage fibres de verre/époxy assure également une protection contre les éclats et empêche le produit de s'écouler en cas de fonctionnement à pression atmosphérique. Une certaine protection contre les fuites de produit est également assurée en cas de fonctionnement sous une faible pression de service, ce qui permet un arrêt d'urgence en cas de problème.



Pour les composants en verre revêtus, il faut compléter la référence indiquée dans le catalogue par un »L«, p. ex. »PS100/500L«. Pour les composants gainés, il faut ajouter un »C«, p. ex. »PS100/500C«.

En cas d'utilisation de composants en verre borosilicaté 3.3. revêtus Sectrans ou fibres de verre/époxy dans des zones explosives de catégorie 1 ou 2 (anciennes zones 0 ou 1), ces derniers devront être dotés d'un revêtement conducteur et mis à la terre. Nos ingénieurs se feront un plaisir de vous conseiller.

Cloisons de protection

Les versions simples à base de treillis métalliques ou de plaques de métal déployé sont certes bon marché à l'achat, mais s'avèrent peu pratiques à l'usage - notamment lorsque l'on doit réaliser une protection tout autour de l'installation. Il est alors préférable d'utiliser des cloisons de protection en plexiglas avec encadrement et trappes d'accès masquées, ces cloisons pouvant se monter séparément ou être fixées sur le support.

La solution la plus avantageuse consiste à utiliser des cloisons de protection réalisées à partir de bandes de PVC souple et transparent présentant une flexibilité moyenne et une résistance élevée à l'abrasion. Ces bandes sont stabilisées en haut et en bas à l'aide de fers plats et accrochées sur la charpente par le biais de crochets. Des versions pivotantes et des trappes d'accès garantissent une facilité d'utilisation optimale. Cette solution permet une adaptation à chaque configuration grâce aux possibilités de subdivision dans le cas des versions à bandes chevauchantes.

Pour les installations où il faut s'attendre à une accumulation de charges électrostatiques au niveau des cloisons de protection, ces dernières peuvent être livrées avec un revêtement antistatique. La température d'utilisation du matériau est comprise entre -40 et +40 °C. Il présente une résistance limitée aux produits organiques et une résistance suffisante aux produits inorganiques.

Mise à la terre

L'utilisation d'équipements en verre dans des zones explosives peut s'accompagner d'un risque de décharges électrostatiques susceptibles de générer des points d'inflammation. Il est alors nécessaire de prendre des mesures de protection, dont l'ampleur dépend de la probabilité d'apparition d'une atmosphère explosive. Cette probabilité est définie par le classement des zones explosives en différentes catégories et dans la directive 94/9/CE. Pour les détails sur l'apparition, l'évaluation et la prévention des dangers d'inflammation par suite de décharges électrostatiques, se reporter à la directive ZH1/200 «Electricité statique» applicable au secteur de la chimie.

Dans le cas des équipements en verre, ces mesures de précaution prennent une importance particulière du fait de la présence d'un nombre plus ou moins important d'assemblages faisant appel à des matériaux conducteurs et non conducteurs. Si l'environnement extérieur des équipements en verre rentre dans la catégorie 1 (anciennement zone 0) – ou dans la catégorie 2 pour les substances du groupe d'explosivité IIC (ancienne zone 1), les parties conductrices de l'installation doivent alors être mises à la terre à partir du moment où leur capacité dépasse 3 pF. Il n'est par contre pas nécessaire de mettre à la terre les brides en plastique.

Dans la gamme des petits diamètres nominaux, l'utilisation de brides en plastique à la place des brides en métal permet de limiter très fortement, voire même de rendre superflues les mesures de mise à la terre. Il importe toutefois de tenir compte de la capacité électrique des boulons utilisés.

Lorsqu'une mise à la terre des composants métalliques s'avère nécessaire, elle s'effectue soit par raccordement au conducteur de protection (moteurs, etc.), soit par montage sur les composants d'éléments conducteurs raccordés à la terre. Dans le secteur de la construction d'équipements en verre, la meilleure solution consiste à relier entre-elles les différentes parties de l'installation par un élément conducteur plutôt que de les mettre à la terre individuellement. Ce système peut se présenter sous forme d'un conducteur disposé parallèlement à la colonne ou à la canalisation, etc. et auquel sont raccordés les différents composants. Dans ce contexte, le terme «mise à la terre» signifie que la résistance de dérivation, autrement dit la résistance électrique de la mise à la terre entre une électrode et la terre, reste inférieure à $10^6 \Omega$.

Tous les assemblages mécaniques utilisés pour réaliser une mise à la terre doivent présenter une résistance leur permettant de supporter les contraintes liées au fonctionnement de l'installation. Il faut utiliser exclusivement des assemblages soudés ou vissés ne présentant aucune possibilité de discontinuité du circuit par des pièces intermédiaires non conductrices. Même lors de travaux de réparation, ces liaisons ne doivent pas être démontées pendant le fonctionnement de l'équipement.

Pour l'utilisation de composants en verre borosilicaté 3.3 à revêtement Sectrans ou gainé fibres de verre/époxy dans des zones explosives de catégorie 1 ou 2 (anciennes zones 0 ou 1), ces composants doivent alors être dotés d'un revêtement conducteur et également mis à la terre. Nos ingénieurs se feront un plaisir de vous conseiller.

Identification des composants électriques

L'introduction de la directive communautaire 94/9/CE (ATEX 100a) entraîne une obligation d'identification des composants protégés contre les risques d'explosion. Cette identification permet de savoir dans quelle zone ces appareils peuvent être utilisés. Les nouvelles attestations de contrôle (qui remplacent les déclarations de conformité selon la directive 76/117/CEE) ne comportent plus d'indication particulière sur l'autorisation d'utilisation dans une zone Ex donnée.

Dans les installations de génie chimique, les désignations pour les appareils de mesure et de régulation sont "II 1G" et "II 2G", pour les moteurs uniquement "II 2G". L'indication "II" désigne le groupe d'appareils (autorise l'utilisation de ces appareils dans tous les secteurs, sauf dans les mines), "1" ou "2" désigne la catégorie et "G" (pour gaz et vapeurs) désigne la nature de l'environnement explosif.

Etant donné que les prescriptions d'identification CENELEC, p. ex. "EEx e II T4" ou "EEx ia IIC T6" restent conservées et doivent être complétées par les indications obligatoires selon ATEX 100a, les nouvelles identifications correspondantes complètes deviennent alors "II 2G EEx e II T4" ou "II 2G EEx ia IIC T6".

Analyse de risque / Risques résiduels

Tous les composants et appareils du catalogue QVF de l'édition 2002 ont été soumis à une analyse de risque selon la directive 97/23/EC et les mesures appropriées sont documentées par QVF. Pour exclure les risques au-delà de ces limites qui résulteraient d'une utilisation inappropriée (Directive 97/23/EC, annexe I, section 1-3) les points suivants devront être observés :

- Bien que le verre borosilicaté 3.3 soit un matériau résistant à pratiquement toutes attaques chimiques, les solutions alcalines, l'acide fluorhydrique et l'acide phosphorique concentré peuvent causer des attaques sur la surface du verre. S'il y a possibilité d'avoir une diminution de l'épaisseur du verre, l'épaisseur de la paroi minimum exigée devra être vérifiée à intervalles réguliers.
- Avec l'utilisation de fluides instables, (substances qui peuvent se décomposer), il sera nécessaire de mettre en place des mesures de sécurité appropriées.
- Les conditions de service admissibles sont décrites dans la section 1 (page 1.6) du catalogue. Ces limites ne devront pas être dépassées. Pour être conforme, il sera peut-être nécessaire de mettre en place des soupapes de sécurité, des disques de rupture ou des contrôleurs de températures.
 - Pressions de service admissibles :
Elles devront être respectées dans tous les cas, même lors des essais de mise en service, de contrôle d'étanchéité et de remplissage de l'unité.
 - Températures de service admissibles :
La température de fonctionnement maximale pour les composants en verre est de 200°. Elle devra être respectée. En cas de besoin, par exemple avec un chauffage électrique ou une réaction exothermique, des appareils de mesures appropriés devront être prévus pour sécuriser l'unité.
 - Choc thermique admissible :
Le verre borosilicaté 3.3 peut résister aux chocs thermiques jusqu'à 120K. Pour des équipements fonctionnant à des températures supérieures à 120° et qui ne sont pas calorifugés, il faudra s'assurer qu'il n'y a pas de risque d'arroser l'unité avec de l'eau froide. Pour éviter ceci, les têtes de Sprinkler ne devront pas être installées à proximité d'une unité en verre non protégée. En cas d'incendie, des températures élevées pourront être atteintes et avoir comme conséquence la rupture du verre.

- Des charges supplémentaires, telles que des forces de flexion sur les tubulures, ne sont pas permises. Des soufflets devront être inclus pour relier les canalisations aux unités en verre afin de libérer les contraintes.

- **Dommmages mécaniques / Mesure de protection:**

La structure tubulaire supportant l'équipement ou l'unité assure également la protection contre des dommages extérieurs et empêche d'autres objets de rentrer en contact avec les matériels. Les parties des équipements qui seraient placées en dehors de la structure devront être protégées contre les risques de dommages mécaniques.

Les matériels qui peuvent atteindre une température de surface de paroi supérieure à 60°C en fonctionnement et qui sont placés à l'extérieur de la structure, doivent être équipés de protection contre les risques de brûlures. Des dispositifs de sécurité additionnels sont disponibles sous forme d'écrans de protection, ou de composants en verre revêtu (voir la section 1 du catalogue, page 1.11 et 1.12).

- **Dommmages sur les échangeurs:**

Si des dommages se produisent sur les batteries des échangeurs à serpentin ou sur les tubes des échangeurs tubulaires, les fluides de service et de procédés peuvent se mélanger. Les produits qui peuvent réagir ensemble sous l'effet de la pression ou de la température (réactions exothermiques) doivent être analysés pour éviter ce type de risque.