

# 5 ECHANGEURS DE CHALEUR



**QVF**  
COMPOSANTS



## Généralités

Les échangeurs de chaleur QVF se distinguent, entre autres, par une gamme très étendue qui permet de proposer systématiquement une solution optimale pour toutes les applications rencontrées dans la pratique. Ceci vaut non seulement pour les bouilleurs à serpentin, disponibles comme éléments individuels ou dispositifs de chauffage complets, mais aussi pour les échangeurs tubulaires qui permettent, de par leur conception, le montage de tubes réalisés dans les matériaux les plus variés et résistants à la corrosion.

Ces appareils sont largement utilisés dans l'industrie chimique et pharmaceutique ainsi que dans de nombreux secteurs connexes: entreprises agro-alimentaires, teintureries ou galvanoplastie. Grâce aux caractéristiques particulières du verre borosilicate 3.3 et des matériaux tels que PTFE, PFA, céramique ou tantale, le verre borosilicate 3.3 est notamment utilisé pour la construction d'équipements sous pression.

Il convient également de mentionner dans ce contexte le haut degré de fiabilité des assemblages mécaniques de tous les composants, résistants à des sollicitations élevées. Cette fiabilité est le fruit d'une conception des embouts plans de 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 de la gamme des composants disponibles en standard est décrit dans les pages suivantes. Sur demande, nous pouvons vous proposer des fabrications spéciales qui sont mentionnées dans les descriptions respectives des différents produits.

Vous trouverez à la rubrique »Index« une liste détaillée de tous les composants classés en fonction de leur »Désignation« et/ou de leur »Référence«.



Vous trouverez au chapitre 1 »Informations Techniques« des explications détaillées et de plus amples informations sur un certain nombre de sujets traités ci-après.

Les différents types d'embouts des canalisations sont représentés sur le graphique ci-contre.

## Installations satisfaisant aux conditions GMP

Pour la construction d'appareils et d'installations satisfaisant aux directives GMP, l'utilisation d'échangeurs de chaleur et de canalisations de raccordement intégrant des éléments de robinetterie nécessite un soin particulier lors de la conception ainsi que lors du choix des composants et des matériaux utilisés. De par ses propriétés particulières, très appréciées dans le secteur pharmaceutique, le verre borosilicate 3.3 associé à des matériaux tels que le PTFE (soufflets, plaques de tête), l'acier, l'émail (enveloppes pour les échangeurs de chaleur) ou à des matériaux spéciaux (carbure de silicium, etc.) homologués selon le catalogue de la FDA garantit la compatibilité avec le produit. Le choix approprié de la forme des appareils (p. ex. échangeurs de chaleur à serpentin et bouilleurs à anneau circulaire) et de leur agencement 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'appareillages satisfaisant aux conditions GMP sur la base des dispositions légales en vigueur et des directives élaborées par nos soins.



DN15 - DN150



DN200 - DN300



DN450 - DN1000

## Echangeurs de chaleur avec revêtement

Les risques d'endommagement d'appareils en verre borosilicate 3.3 - et notamment ceux, de faible diamètre nominal – dus à des facteurs externes involontaires ne sont jamais totalement exclus. Ceci vaut en premier lieu pour les conditions d'exploitation relativement rudes qui règnent dans les installations de production, et notamment lorsque les composants ne bénéficient pas d'une protection supplémentaire par des matériaux isolants.

En réponse à ce problème, nous proposons des échangeurs de chaleur en verre borosilicate 3.3 avec un revêtement transparent, ce dernier pouvant être déposé indépendamment de la forme des composants. Ce revêtement offre une protection supplémentaire sans nuire pour autant à la possibilité d'observation du procédé.

Sur demande, nous pouvons également fournir un gainage fibres de verre/époxy qui offre une protection plus élevée mais réduit légèrement la transparence du verre.

## Conditions de service admissibles

Si la température de service admissible pour les enveloppes des échangeurs de chaleur en verre borosilicaté 3.3 est systématiquement de 200 °C (393 K), leur pression de service admissible dépend du diamètre nominal principal et non pas de leur forme. Vous trouverez au chapitre 1 »Informations Techniques« des indications détaillées sur ce sujet.

Les valeurs maximales admissibles de différence de pression et de température au niveau des surfaces d'échange de chaleur et des plaques de tête en PTFE sont indiquées dans la description du produit concerné.




Des composants en verre pour des conditions de service admissibles plus élevées sont également disponibles sur demande.

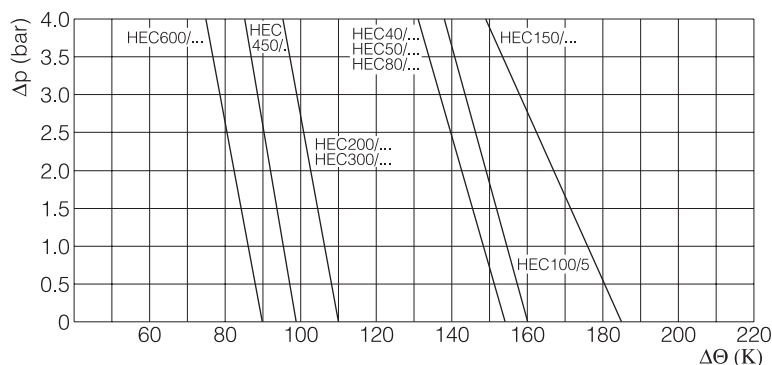
## ECHANGEURS DE CHALEUR A SERPENTIN

A la différence des échangeurs de chaleur tubulaires décrits aux pages 5.15 à 5.22, le serpentín de ces appareils est soudé à l'enveloppe. La séparation entre le procédé et le fluide de refroidissement garantie par cette solution est particulièrement importante pour des installations satisfaisant aux critères GMP.

Les échangeurs de chaleur à serpentín s'utilisent de préférence comme condenseurs ou refroidisseurs, mais sont également utilisables de manière générale pour la transmission de chaleur entre des liquides et des gaz. Un écoulement turbulent est systématiquement garanti, même pour les gros diamètres nominaux, car les serpentíns sont agencés de manière décalée et remplissent largement la section d'écoulement.

Les informations sur les pertes de charge dans les serpentíns ainsi que les caractéristiques de puissance pour l'estimation de la surface nécessaire figurent aux pages 5.6 et 5.7. Nous pouvons également nous charger du dimensionnement exact des appareils.

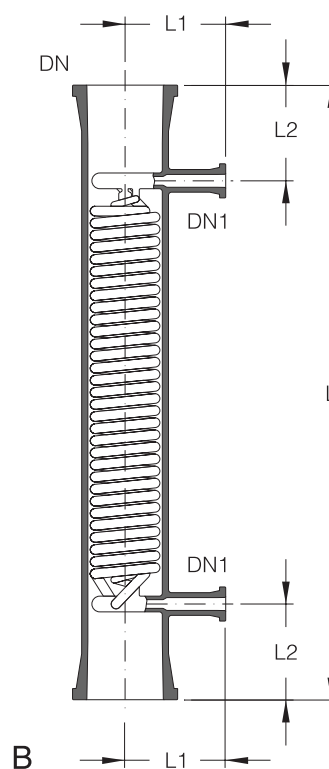
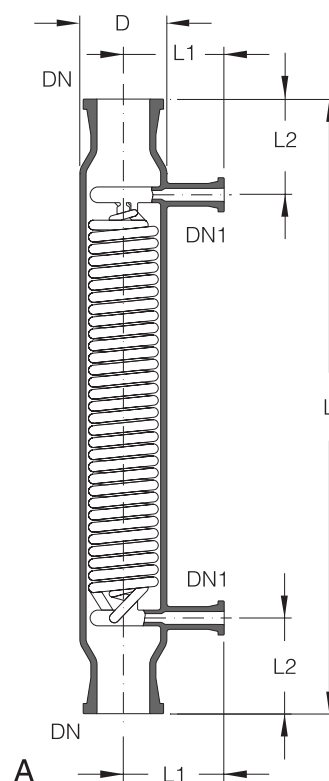
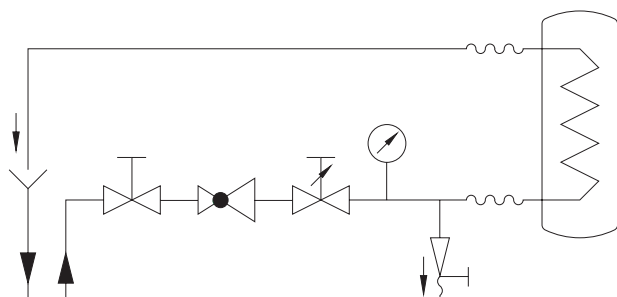
 Le diagramme ci-après indique la différence de pression admissible au niveau de la paroi des serpentíns en fonction de la différence de température entre le produit dans la calandre et le produit dans les serpentíns. La différence de pression est applicable pour des valeurs de coefficient d'échange thermique jusqu'à  $k = 290 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ , cette valeur permet dans la pratique de résoudre de nombreuses applications.



Pression relative admissible entre le serpentín et la zone interne de la calandre en fonction de la différence de température des fluides dans les deux circuits.

Les tubulures d'entrée et de sortie sont systématiquement à embout plan. Si l'on doit raccorder des flexibles longs ou particulièrement lourds, nous recommandons alors d'opter pour des raccords de flexibles à 90° afin de réduire le couple de flexion au niveau des tubulures de raccordement.

Lors du raccordement d'un bouilleur à serpentín, il convient de respecter les prescriptions de sécurité qui figurent dans les instructions de montage et de service jointes à chaque appareil. Les points essentiels à respecter lors de la conception sont indiqués dans le diagramme ci-dessous et à la page suivante:



## ECHANGEURS DE CHALEUR A SERPENTIN

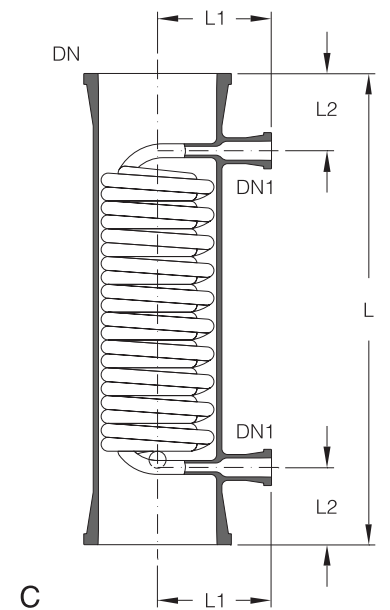


- Absence de tension au niveau des tubulures de raccordement d'eau de refroidissement grâce à l'utilisation de flexibles ou de soufflets.
- Montage d'un détendeur (si nécessaire), d'une vanne de régulation, d'un clapet anti-retour (pas en mode refroidissement de reflux) et d'un manomètre en amont de l'échangeur de chaleur à serpentin.
- Ecoulement libre de l'eau de refroidissement en aval de l'échangeur de chaleur à serpentin, dans la mesure où il n'est pas possible de garantir par d'autres mesures que la pression de service admissible (voir page 5.4) ne sera pas dépassée.
- Pas de robinet à boisseau sphérique ou autre vanne à ouverture rapide en amont de l'échangeur de chaleur à serpentin, afin d'éviter les coups de bélier dans le serpentin.

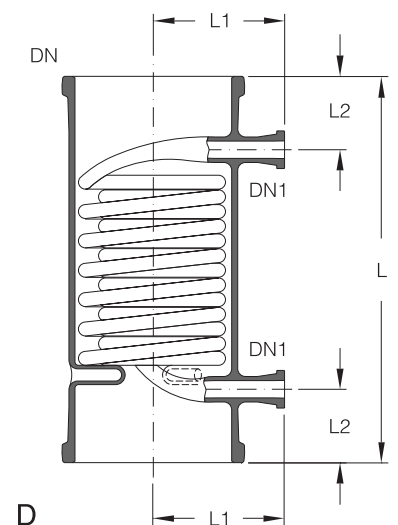
Jusqu'au diamètre nominal DN 150, les échangeurs de chaleur à serpentin peuvent aussi être montés horizontalement (en prévoyant une légère pente).

Les formes des embouts en fonction du diamètre nominal sont représentées sur le schéma de la page 5.2. Vous trouverez de plus amples informations à ce sujet au chapitre 1 »Informations Techniques«.

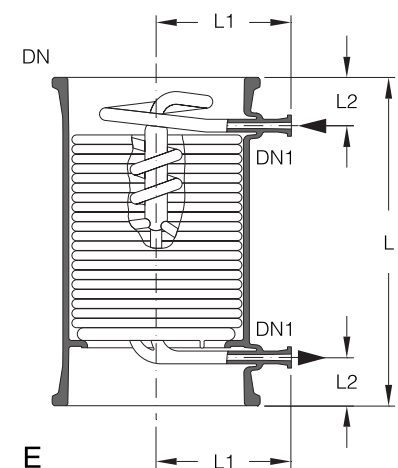
Surface (m <sup>2</sup> )	DN	DN1	D	L	L1	L2	Type	Référence
0,2	40	15	60	610	75	95	A	HEC40/2
0,3	50	15	85	610	100	95	A	HEC50/3
0,3	80	15	-	610	100	95	B	HEC80/3
0,5	100	15	-	610	125	80	B	HEC100/5
0,7	150	25	-	610	150	100	C	HEC150/7
1,0	150	25	-	840	150	100	C	HEC150/10
1,0	200	25	-	500	175	95	D	HEC200/10
1,5	200	25	-	725	175	95	D	HEC200/15
2,5	300	25	-	600	275	100	E	HEC300/25
4,0	300	25	-	825	275	100	E	HEC300/40
6,0	450	25	-	850	350	125	E	HEC450/60
8,0	450	25	-	900	350	125	E	HEC450/80
12,0	600	50	-	1100	450	150	E	HEC600/120
15,0	600	50	-	1250	450	150	E	HEC600/150



C



D



E

## ECHANGEURS DE CHALEUR A SERPENTIN

### Caractéristiques techniques

Référence	Surface (m <sup>2</sup> )	Section libre dans la calandre (cm <sup>2</sup> )	Volume	
			Serpentin (l)	Enveloppe (l)
HEC40/2	0,2	4,5	0,16	0,9
HEC50/3	0,3	5,5	0,35	1,7
HEC80/3	0,3	5,5	0,35	2,1
HEC100/5	0,5	18	0,7	3,8
HEC150/7	0,7	70	1,9	8,3
HEC150/10	1,0	70	2,7	11
HEC200/10	1,0	90	2	12
HEC200/15	1,5	90	4	16
HEC300/25	2,5	250	6	32
HEC300/40	4,0	250	10	40
HEC450/60	6,0	450	26	91
HEC450/80	8,0	450	28	95
HEC600/120	12,0	700	65	215
HEC600/150	15,0	700	69	263

### Caractéristiques de puissance

Pour déterminer grossièrement les surfaces d'échange de chaleur, on peut partir des valeurs indicatives suivantes pour les coefficients d'échange de chaleur (valeur k) :

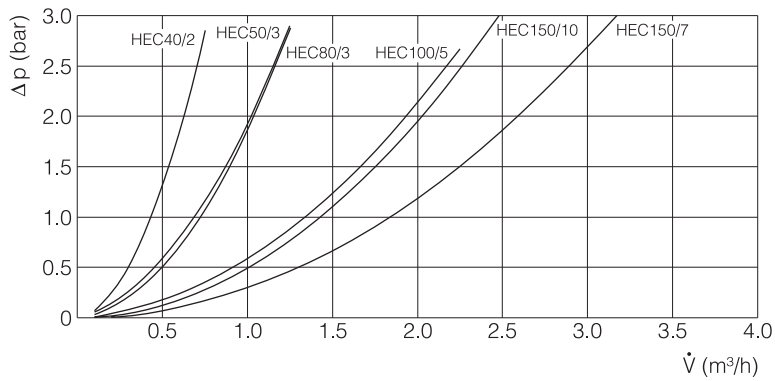
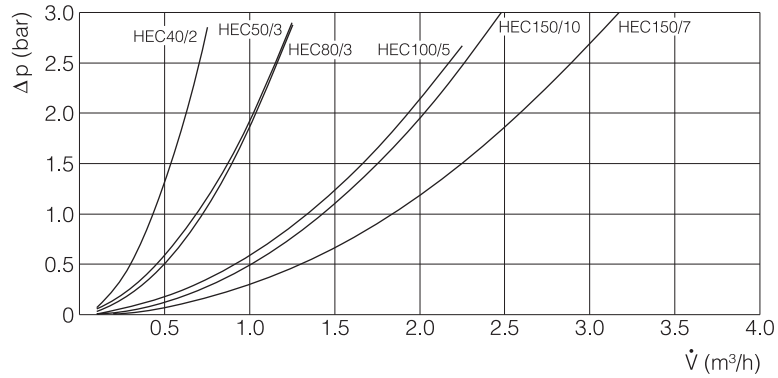
Fluide dans l'enveloppe	Vapeur à condenser	Liquide	Gaz
Fluide dans le serpent	Eau de refroidissement	Eau de refroidissement	Eau de refroidissement
Coef. de transfert thermique W(m <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> )	290	175	50

Le tableau ci-dessous donne les valeurs calculées pour condenser de la vapeur sous pression atmosphérique avec de l'eau de refroidissement. Le débit a été défini pour que la perte de charge n'exécède pas 2,5 bars (température d'entrée 20°C).

Référence	Surface (m <sup>2</sup> )	Débit d'eau de refroidissement (l/h)	Vapeur condensée (kg/h)
HEC40/2	0,2	700	7
HEC50/3	0,3	1200	12
HEC80/3	0,3	1200	12
HEC100/5	0,5	2200	18
HEC150/7	0,7	3000	45
HEC150/10	1,0	2300	60
HEC200/10	1,0	2150	45
HEC200/15	1,5	1650	60
HEC300/25	2,5	2750	85
HEC300/40	4,0	2600	125
HEC450/60	6,0	6100	230
HEC450/80	8,0	5800	280
HEC600/120	12,0	7300	330
HEC600/150	15,0	6300	370

## ECHANGEURS DE CHALEUR A SERPENTIN

Diagramme de pertes de charge



Perte de charge dans le serpentin en fonction du débit (eau à 20 °C)

## BOUILLEURS A SERPENTIN

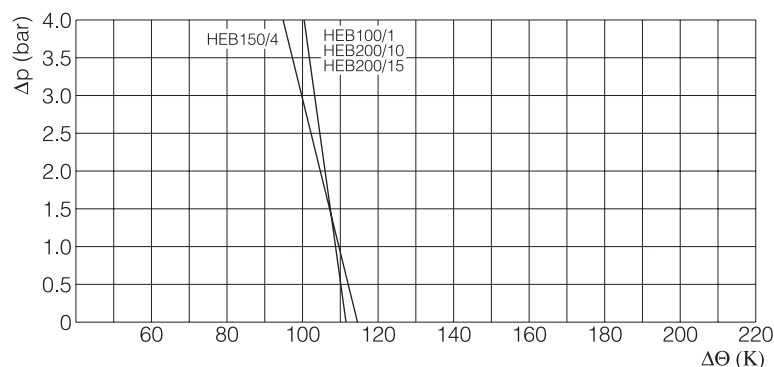
Cette version d'échangeur de chaleur s'utilise essentiellement pour la construction d'évaporateur à circulation par thermosiphon.

Les caractéristiques de puissance pour une estimation de la surface d'échange de chaleur figurent à page 5.9. Nous pouvons également nous charger du dimensionnement exact des appareils.

Les échangeurs de chaleur à serpentin utilisables de manière générale pour la transmission de chaleur entre des liquides et des gaz sont décrits aux pages 5.4 à 5.7.



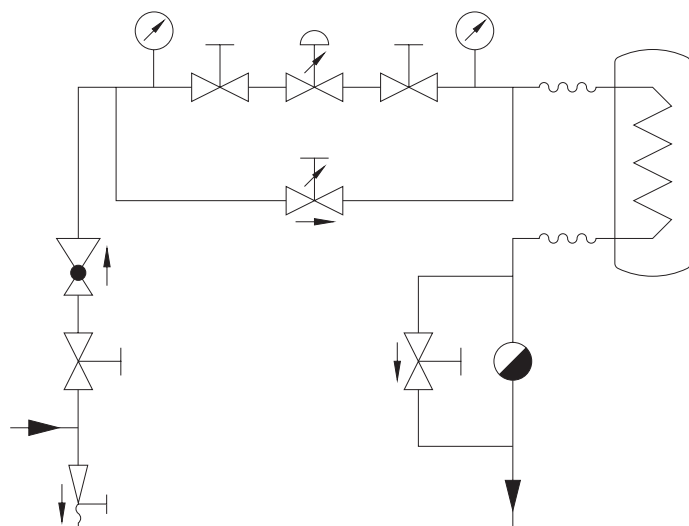
Le diagramme ci-après indique la différence de pression admissible au niveau de la paroi des serpentins en fonction de la différence de température entre le produit dans la calandre et le produit dans les serpentins. La différence de pression est applicable pour des valeurs de coefficient d'échange thermique jusqu'à  $k = 290 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ , cette valeur permet dans la pratique de résoudre de nombreuses applications.



Pression relative admissible entre le serpentin et la zone interne de la calandre en fonction de la différence de température des fluides dans les deux circuits.

Les tubulures d'entrée et de sortie sont systématiquement à embout plan de sûreté. En cas d'agencement horizontal et si l'on doit raccorder des flexibles longs ou particulièrement lourds, nous recommandons alors d'opter pour des raccords de flexibles à 90° afin de réduire le couple de flexion au niveau des tubulures de raccordement.

Lors du raccordement d'un bouilleur à serpentin, il convient de respecter les prescriptions de sécurité qui figurent dans les instructions de montage et de service jointes à chaque appareil. Les points essentiels à respecter lors de la conception sont indiqués dans le diagramme ci-après et à la page suivante:



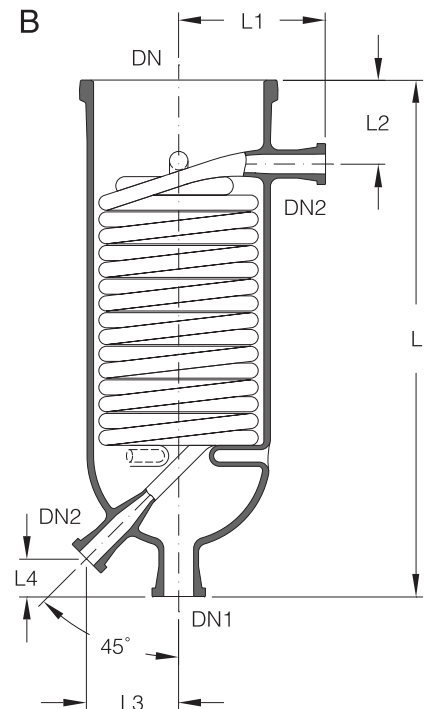
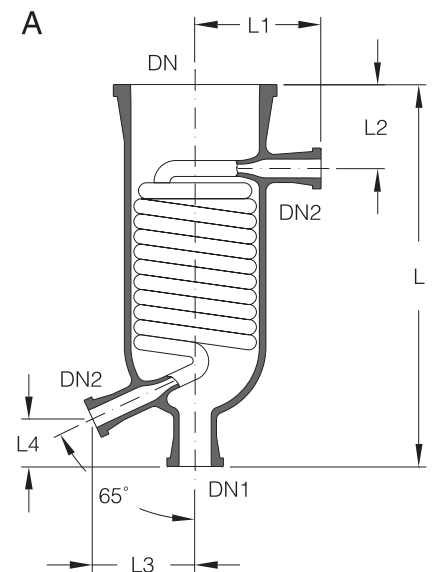
## BOUILLEURS A SERPENTIN



- Absence de tension au niveau des tubulures de vapeur et de condensat grâce à l'utilisation de flexibles ou de soufflets.
- Agencement de l'alimentation de vapeur et de l'écoulement des condensats avec une pente.
- Montage d'un détendeur (si nécessaire), d'une vanne de régulation et d'un manomètre immédiatement en amont ainsi que d'un système fiable d'évacuation du condensat avec by-pass (pour le démarrage) directement en aval du bouilleur à serpentin.
- Pas de robinet à boisseau sphérique ou autre vanne à ouverture rapide en amont du bouilleur à serpentin, afin d'éviter les coups de bélier dans le serpentin.

Les bouilleurs à serpentin ne doivent pas être montés en fond de colonnes ou de réacteurs, car la circulation n'y est pas suffisante et pourrait provoquer des phénomènes de surchauffe susceptibles d'entraîner une rupture du serpentin.

Les formes des embouts en fonction du diamètre nominal sont représentées sur le schéma de la page 5.2. Vous trouverez de plus amples informations à ce sujet au chapitre 1 »Informations Techniques«.



Surface (m <sup>2</sup> )	DN	DN1	DN2	L	L1	L2	L3	L4	Type	Référence
0,1	100	25	25	380	125	100	103	46	A	HEB100/1
0,4	150	40	25	455	150	100	122	57	A	HEB150/4
1,0	200	40	25	615	175	100	110	45	B	HEB200/10
1,5	200	40	25	775	175	100	110	45	B	HEB200/15

### Caractéristiques techniques

Référence	Surface (m <sup>2</sup> )	Volume	
		Serpentin (l)	Enveloppe (l)
HEB100/1	0,1	0,25	2,3
HEB150/4	0,4	1,0	4,7
HEB200/10	1,0	2,1	14
HEB200/15	1,5	3,2	15

### Caractéristiques de puissance

Pour déterminer grossièrement la puissance d'évaporation, on peut adopter un coefficient d'échange (valeur k) de 400 W/m<sup>2</sup>K<sup>-1</sup> pour toutes les tailles et pour une pression de vapeur de chauffage de 3,0 bars. Cette valeur ne varie que faiblement en cas de pressions plus faibles.

Pour l'évaporation d'eau à une température d'entrée de 100 °C (un flux d'alimentation froid réduit les valeurs à environ 80 %) et à la pression atmosphérique, on obtient donc les valeurs de puissance suivantes :

Référence	Surface (m <sup>2</sup> )	Pression de vapeur (bar)	Eau évaporée (kg/h)
HEB100/1	0,1	2	2,7
		3	3,3
HEB150/4	0,4	2	12,5
		3	16,5
HEB200/10	1,0	2	20
		3	24
HEB200/15	1,5	2	29
		3	37

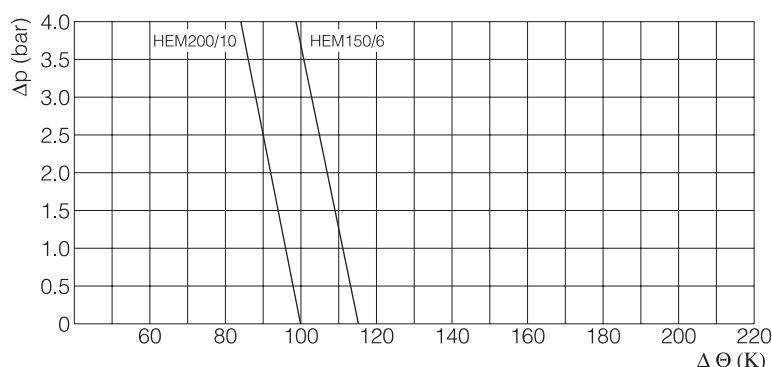
## ECHANGEURS IMMERGES

Ces échangeurs se montent dans des réacteurs et servent au chauffage ou au refroidissement de produits agités. Ils s'utilisent notamment avec des ballons sphériques à grosse tubulure de vidange (du type «VSH..») ou des réacteurs cylindriques avec une tubulure de vidange similaire, disponibles sur demande.

Les caractéristiques de puissance pour une surface d'échange figurent à la fin de ce paragraphe. Nous pouvons également nous charger du dimensionnement exact des appareils.



Le diagramme ci-après indique la différence de pression admissible au niveau de la paroi des serpentins en fonction de la différence de température entre le produit dans la calandre et le produit dans les serpentins. La différence de pression est applicable pour des valeurs de coefficient d'échange thermique jusqu'à  $k = 290 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ , cette valeur permet dans la pratique de résoudre de nombreuses applications.

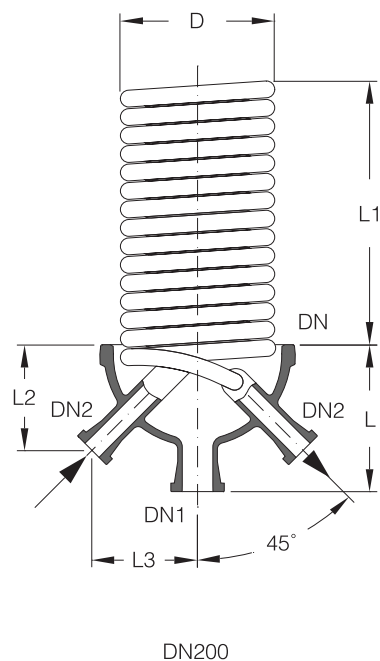


Pression relative admissible entre le serpentin et la zone interne de l'enveloppe en fonction de la différence de température des fluides dans les deux circuits.

Les tubulures d'entrée et de sortie sont systématiquement à embout plan. Vous trouverez les raccords pour flexibles en verre borosilicate 3.3 et en métal au chapitre 2 «Eléments de Canalisations», et les flexibles pour vapeur - également utilisables du côté condensat - au chapitre 9 «Assemblages et joints».

Lors du raccordement d'un échangeur immergé, il convient de respecter les prescriptions de sécurité qui figurent dans les instructions de montage et de service jointes à chaque appareil. Les points essentiels à prendre en compte lors de la conception des appareils pour une utilisation comme dispositif de refroidissement ou de chauffage figurent pages 5.4 et 5.5 «Echangeurs à serpentin» ou aux pages 5.8 et 5.9 à la rubrique «Bouilleurs à serpentin».

Les formes des embouts en fonction du diamètre nominal sont représentées sur le schéma de la page 5.2. Vous trouverez de plus amples informations à ce sujet au chapitre 1 «Informations Techniques».



Surface (m <sup>2</sup> )	DN	DN1	DN2	D	L	L1	L2	L3	Volume (l)	Référence
0,6	150	40	25	128	185	290	133	113	1,1	HEM150/6
1,0	200	40	25	184	175	355	126	126	2,9	HEM200/10

## ECHANGEURS IMMERGES

### Caractéristiques de puissance

Pour déterminer grossièrement la puissance d'évaporation, on peut adopter un coefficient d'échange (valeur  $k$ ) de 400 W/m<sup>2</sup>K pour toutes les tailles et pour une pression de vapeur de chauffage de 3,0 bars. Cette valeur ne varie que faiblement en cas de pressions plus faibles.

Pour l'évaporation d'eau à une température d'entrée de 100 °C (un flux d'alimentation froid réduit les valeurs à environ 80 %) et à la pression atmosphérique, on obtient donc les valeurs de puissance suivantes :

Référence	Surface (m <sup>2</sup> )	Pression de vapeur (bar)	Eau évaporée (kg/h)
HEM150/6	0,6	2	13,5
		3	17,5
HEM200/10	1,0	2	20
		3	28

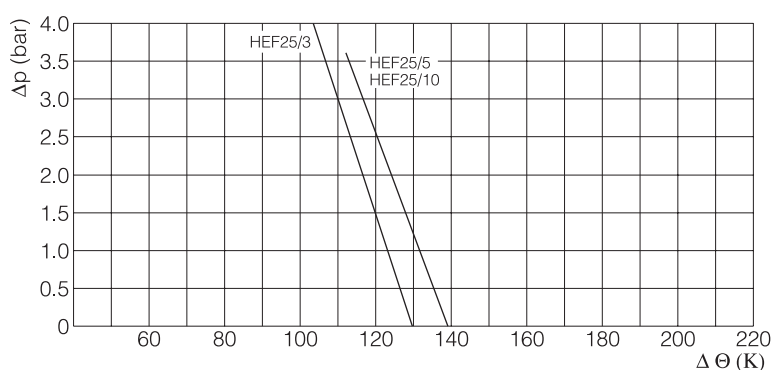
## REFROIDISSEURS POUR DISTILLATS

Ils s'utilisent de préférence comme refroidisseurs aval et peuvent, par exemple être raccordés directement à la tête de reflux d'une colonne.

Etant donné que le produit s'écoule à travers le serpentin, il convient donc de tenir compte de la perte de charge indiquée dans le diagramme ci-après. Cette perte de charge doit être compensée sous forme d'une hauteur d'alimentation statique en amont du refroidisseur.



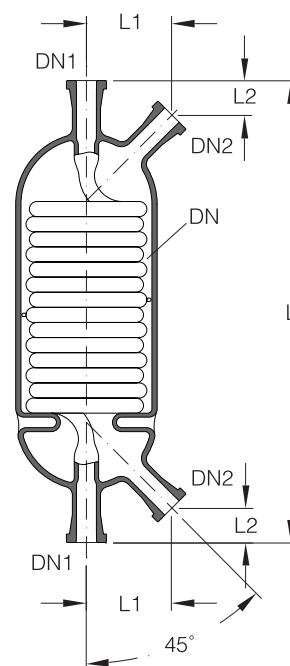
Le diagramme ci-après indique la différence de pression admissible au niveau de la paroi des serpentins en fonction de la différence de température entre le produit dans la calandre et le produit dans les serpentins. La différence de pression est applicable pour des valeurs de coefficient d'échange thermique jusqu'à  $k = 290 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ , cette valeur permet dans la pratique de résoudre de nombreuses applications.



Pression relative admissible entre le serpentin et la zone interne de la calandre en fonction de la différence de température des fluides dans les deux circuits.

Les tubulures d'entrée et de sortie sont systématiquement à embout plan. Si l'on doit raccorder des flexibles longs ou particulièrement lourds, nous recommandons alors d'opter pour des raccords de flexibles à 90° afin de réduire le couple de flexion au niveau des tubulures de raccordement.

Les raccords pour flexibles en verre borosilicate 3.3 et en métal figurent au chapitre 2 »Eléments de Canalisations«, et les flexibles au chapitre 9 »Assemblages«.



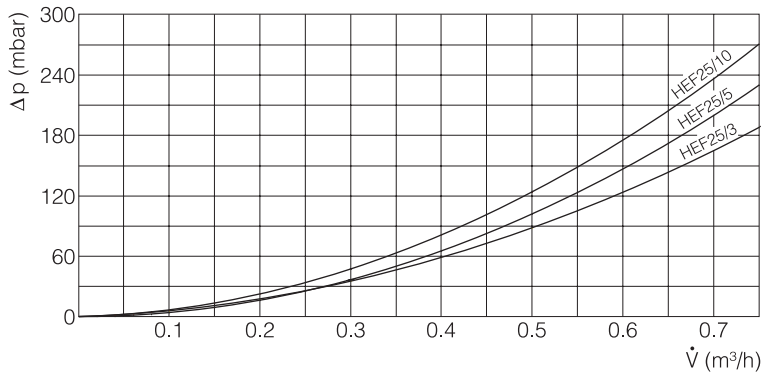
Surface (m <sup>2</sup> )	DN	DN1	DN2	L	L1	L2	Référence
0,3	100	25	25	550	85	38	HEF25/3
0,5	150	25	25	550	104	43	HEF25/5
1,0	150	25	25	750	104	43	HEF25/10

### Caractéristiques techniques

Référence	Surface (m <sup>2</sup> )	Volume	
		Serpentin (l)	Enveloppe (l)
HEF25/3	0,3	0,6	2,5
HEF25/5	0,5	1,2	5,2
HEF25/10	1,0	2,1	7,3

## REFROIDISSEURS POUR DISTILLATS

Diagramme de pertes de charge



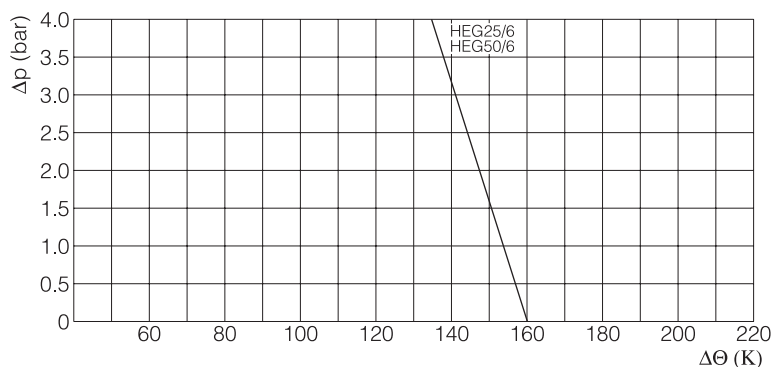
Perte de charge dans le serpentin pour de l'eau à 20 °C

## CONDENSEURS PIÈGES

Ces appareils s'utilisent en amont de pompes à vide ou dans des conduites d'évacuation de gaz pour précipiter les composants volatils encore présents dans le flux gazeux en aval du condenseur principal. Du fait de leur compacité, ils peuvent se monter directement dans des canalisations, sans prévoir de réduction.



Le diagramme ci-après indique la différence de pression admissible au niveau de la paroi des serpentins en fonction de la différence de température entre le produit dans la calandre et le produit dans les serpentins. La différence de pression est applicable pour des valeurs de coefficient d'échange thermique jusqu'à  $k = 290 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ , cette valeur permet dans la pratique de résoudre de nombreuses applications.



Pression relative admissible entre le serpentin et la zone interne de la calandre en fonction de la différence de température des fluides dans les deux circuits.

## CONDENSEURS PIÈGES



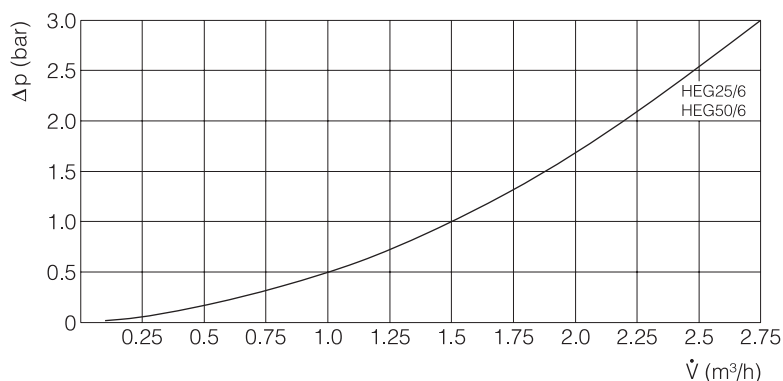
Les tubulures d'entrée et de sortie sont systématiquement à embout plan. Si l'on doit raccorder des flexibles longs ou particulièrement lourds, nous recommandons alors d'opter pour des raccords de flexibles à 90° afin de réduire le couple de flexion au niveau des tubulures de raccordement.

Les raccords pour flexibles en verre borosilicate 3.3 et en métal figurent au chapitre 2 »Eléments de Canalisations«, et les flexibles au chapitre 9 »Assemblages«.

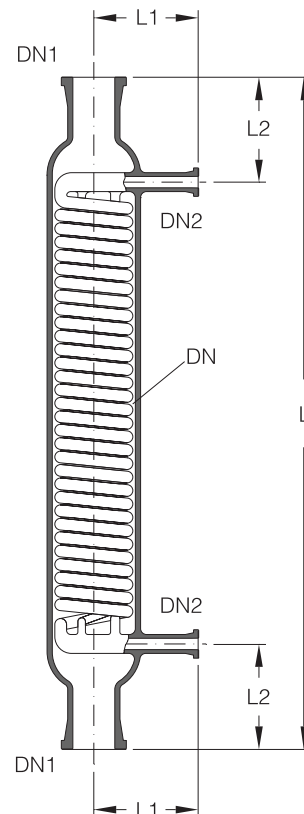
Surface (m <sup>2</sup> )	DN	DN1	DN2	L	L1	L2	Référence
0,6	100	25	15	800	100	125	HEG25/6
0,6	100	50	15	800	100	125	HEG50/6

### Caractéristiques techniques

Référence	Surface (m <sup>2</sup> )	Volume	
		Serpentin (l)	Enveloppe (l)
HEG25/6	0,6	0,9	3,4
HEG50/6	0,6	0,9	3,6



Perte de charge dans le serpentin en fonction du débit (eau à 20 °C)



## ECHANGEURS DE CHALEUR TUBULAIRES

Ces appareils peuvent s'utiliser dans de nombreux cas à la place des échangeurs de chaleur à serpentin précédemment décrits. Ils sont conçus en tant que condenseurs, mais peuvent aussi bien s'utiliser pour la transmission de chaleur entre deux liquides ou deux gaz.

Les échangeurs de chaleur tubulaires sont de conception modulaire. Ils se composent d'une calandre, de boîtiers de distribution, de plaques de tête, de tubes de transmission de chaleur et de chicanes. L'étanchéité individuelle des tubes à l'intérieur de la plaque de tête est particulièrement importante. Les presse-étoupes et les joints en PTFE garantissent une étanchéité de très haut niveau par rapport au produit.

Les échangeurs de chaleur tubulaires sont systématiquement disponibles en quatre versions de base avec plaques de tête en PTFE et tubes de transmission de chaleur en verre borosilicate 3.3 ou en carbure de silicium, chacune avec une référence spécifique. Ces différentes versions sont décrites aux pages 5.16 à 5.19.

Les caractéristiques de puissance pour une estimation de la surface d'échange de chaleur nécessaire figurent ci-après. Nous pouvons également nous charger du dimensionnement exact des appareils.



Les conditions de service maximales admissibles dans des échangeurs de chaleur en verre borosilicate 3.3 sont indiquées dans le tableau suivant. Pour atteindre des valeurs plus élevées, nous recommandons l'utilisation des versions spéciales décrites page 5.22.

DN	Surface (m <sup>2</sup> )	Différence maximale de température pour tubes verre (K)	Tempé- rature de service (°C)	Pression de service		Différence de pression possible pour la plaque de tête (bar)	
				Calandre	Tubes ../..S..G    ../..G..G	../..S..G	../..G..G
150	2,5-5	130	-50/+150	-1/+2	3    3	4	4
200	5-10	130	-50/+150	-1/+1	3    2	4	3
300	12,5-25	130	-50/+150	-1/+1	3    2	4	3

Les orientations des tubulures en version standard sont indiquées dans les tableaux. D'autres orientations sont possibles sur demande.

Les raccordements aux tubulures de service doivent être exempts de tension. Pour ce faire, il faut utiliser des soufflets compensateurs.

Lors du raccordement d'un échangeur tubulaire, il convient de respecter les prescriptions de sécurité qui figurent dans les instructions de montage et de service jointes à chaque appareil.

La version standard des échangeurs de chaleur est conçue pour un montage horizontal. Sur demande, il est toutefois possible de prévoir sur les appareils des possibilités de vidange et de purge au niveau des plaques de tête ainsi que des fixations modifiées permettant un montage vertical (voir page 5.20).

Les formes des embouts des tubulures en fonction du diamètre nominal sont représentées sur le schéma de la page 2.2. Vous trouverez de plus amples informations à ce sujet au chapitre 1 »Informations Techniques«.

## ECHANGEURS DE CHALEUR TUBULAIRES

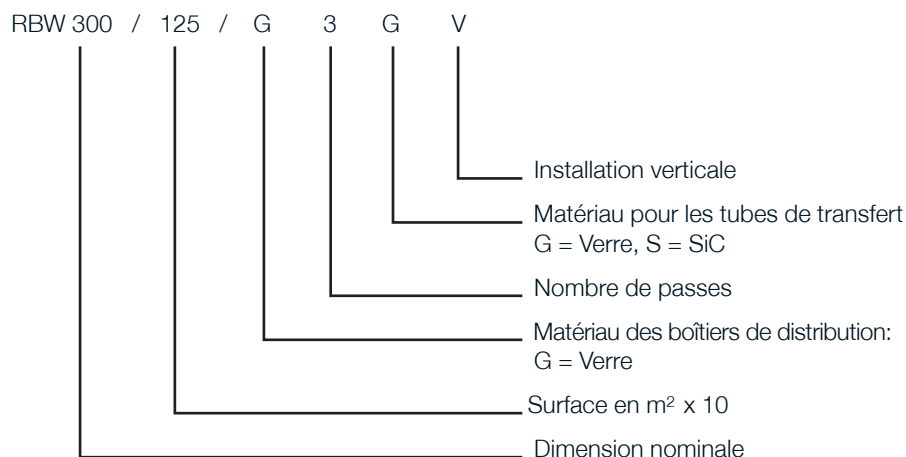
### Echangeurs de chaleur tubulaires anticorrosion côté tubes et côté calandre

Sur ces appareils disponibles tant en version simple passe (version A) que triple passe (version B), les seuls matériaux utilisés sont le verre borosilicaté 3.3 (calandre, tubes échangeurs de chaleur et boîtiers de distribution) et le PTFE (plaques de tête, presse-étoupes et chicanes). Les limites de fournitures comprennent deux équerres de supportage servant de base pour la fixation dans la charpente (voir cotes de montage).



Pour des tubes échangeurs de chaleur en carbure de silicium, il faut alors remplacer la lettre-repère »G« dans la référence par un »S« (voir clé des références). Dans ce cas, il conviendra de procéder préalablement à un contrôle de la surface d'échange de chaleur.

### Clé des références



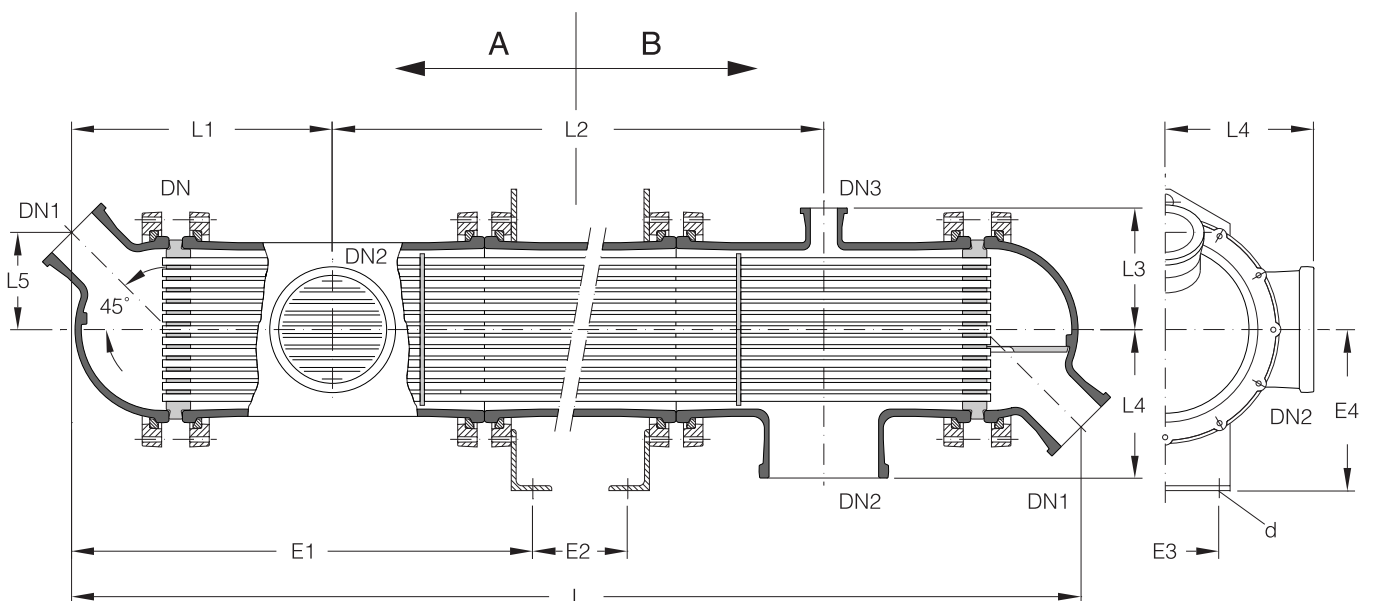
### Cotes de montage

Référence	DN	Surface (m <sup>2</sup> )	E1	E2	E3	E4	d
RBW150/25G..G	150	2,5	574	620	200	208	14
RBW150/32G..G	150	3,2	574	1120	200	208	14
RBW150/40G..G	150	4,0	574	1620	200	208	14
RBW150/50G..G	150	5,0	574	2120	200	208	14
RBW200/50G..G	200	5,0	677	917	200	243	14
RBW200/63G..G	200	6,3	677	1417	200	243	14
RBW200/80G..G	200	8,0	677	1917	200	243	14
RBW200/100G..G	200	10,0	677	2417	200	243	14
RBW300/125G..G	300	12,5	897	521	200	295	14
RBW300/160G..G	300	16,0	897	1021	200	295	14
RBW300/200G..G	300	20,0	897	1521	200	295	14
RBW300/250G..G	300	25,0	897	2021	200	295	14

## ECHANGEURS DE CHALEUR TUBULAIRES

Echangeurs de chaleur tubulaires anticorrosion côté tubes et côté calandre

DN	Surface (m <sup>2</sup> )	DN1	DN2	DN3	L	L1	L2	L3	L4	L5	Type	Référence
150	2,5	50	100	50	1774	332	1110	160	200	108	A	RBW150/25G1G
150	2,5	50	100	50	1774	332	1110	160	200	108	B	RBW150/25G3G
150	3,2	50	100	50	2274	332	1610	160	200	108	A	RBW150/32G1G
150	3,2	50	100	50	2274	332	1610	160	200	108	B	RBW150/32G3G
150	4,0	50	100	50	2774	332	2110	160	200	108	A	RBW150/40G1G
150	4,0	50	100	50	2774	332	2110	160	200	108	B	RBW150/40G3G
150	5,0	50	100	50	3274	332	2610	160	200	108	A	RBW150/50G1G
150	5,0	50	100	50	3274	332	2610	160	200	108	B	RBW150/50G3G
200	5,0	80	150	50	2282	386	1510	175	250	138	A	RBW200/50G1G
200	5,0	80	150	50	2282	386	1510	175	250	138	B	RBW200/50G3G
200	6,3	80	150	50	2782	386	2010	175	250	138	A	RBW200/63G1G
200	6,3	80	150	50	2782	386	2010	175	250	138	B	RBW200/63G3G
200	8,0	80	150	50	3282	386	2510	175	250	138	A	RBW200/80G1G
200	8,0	80	150	50	3282	386	2510	175	250	138	B	RBW200/80G3G
200	10,0	80	150	50	3782	386	3010	175	250	138	A	RBW200/100G1G
200	10,0	80	150	50	3782	386	3010	175	250	138	B	RBW200/100G3G
300	12,5	100	200	50	2318	504	1310	235	275	180	A	RBW300/125G1G
300	12,5	100	200	50	2318	504	1310	235	275	180	B	RBW300/125G3G
300	16,0	100	200	50	2818	504	1810	235	275	180	A	RBW300/160G1G
300	16,0	100	200	50	2818	504	1810	235	275	180	B	RBW300/160G3G
300	20,0	100	200	50	3318	504	2310	235	275	180	A	RBW300/200G1G
300	20,0	100	200	50	3318	504	2310	235	275	180	B	RBW300/200G3G
300	25,0	100	200	50	3818	504	2810	235	275	180	A	RBW300/250G1G
300	25,0	100	200	50	3818	504	2810	235	275	180	B	RBW300/250G3G



## ECHANGEURS DE CHALEUR TUBULAIRES

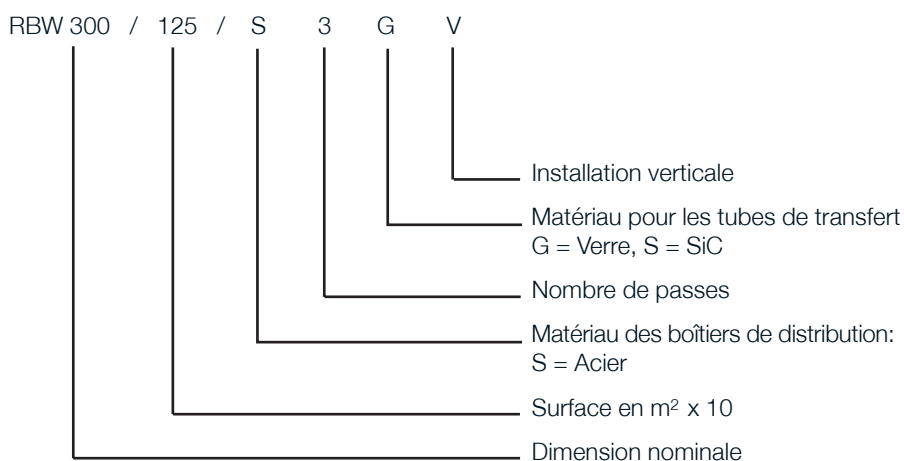
### Echangeurs de chaleur tubulaires anticorrosion côté calandre

Ces appareils sont également disponibles en version simple passe (version A) ou triple passe (version B). Ces appareils utilisent non seulement du verre borosilicate 3.3 (calandre et tubes échangeurs de chaleur) et du PTFE (plaques de tête, presse-étoupes et chicanes), mais aussi de l'acier inoxydable pour les boîtiers de distribution. Les limites de fournitures comprennent deux équerres de supportage servant de base pour la fixation dans la charpente (voir cotes de montage).



Pour des tubes échangeurs de chaleur en carbure de silicium, il faut alors remplacer la lettre-repère »G« dans la référence par un »S« (voir clé des références). Dans ce cas, il conviendra de procéder préalablement à un contrôle de la surface d'échange de chaleur.

### Clé des références



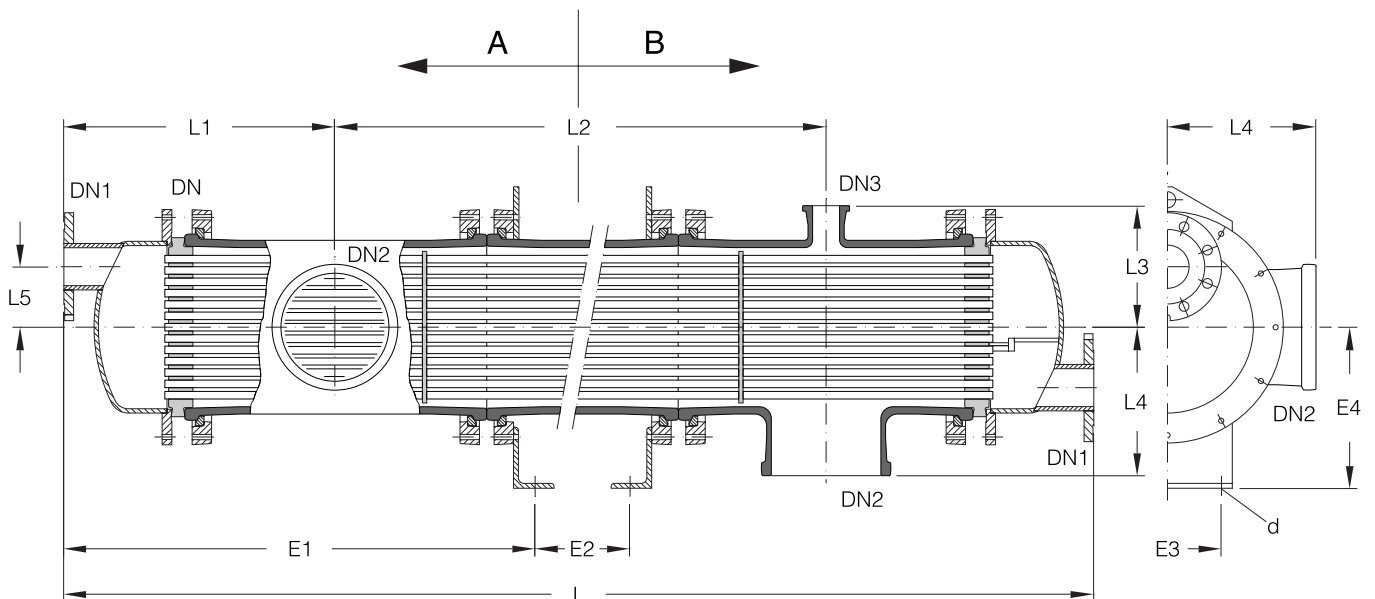
### Cotes de montage

Référence	DN	Surface (m <sup>2</sup> )	E1	E2	E3	E4	d
RBW150/25S..G	150	2,5	565	620	200	208	14
RBW150/32S..G	150	3,2	565	1120	200	208	14
RBW150/40S..G	150	4,0	565	1620	200	208	14
RBW150/50S..G	150	5,0	565	2120	200	208	14
RBW200/50S..G	200	5,0	691	917	200	243	14
RBW200/63S..G	200	6,3	691	1417	200	243	14
RBW200/80S..G	200	8,0	691	1917	200	243	14
RBW200/100S..G	200	10,0	691	2417	200	243	14
RBW300/125S..G	300	12,5	916	521	200	295	14
RBW300/160S..G	300	16,0	916	1021	200	295	14
RBW300/200S..G	300	20,0	916	1521	200	295	14
RBW300/250S..G	300	25,0	916	2021	200	295	14

## ECHANGEURS DE CHALEUR TUBULAIRES

Echangeurs de chaleur tubulaires anticorrosion  
côté calandre


DN	Surface (m <sup>2</sup> )	DN1	DN2	DN3	L	L1	L2	L3	L4	L5	Type	Référence
150	2,5	40	100	50	1750	320	1110	160	200	55	A	RBW150/25S1G
150	2,5	40	100	50	1750	320	1110	160	200	55	B	RBW150/25S3G
150	3,2	40	100	50	2250	320	1610	160	200	55	A	RBW150/32S1G
150	3,2	40	100	50	2250	320	1610	160	200	55	B	RBW150/32S3G
150	4,0	40	100	50	2750	320	2110	160	200	55	A	RBW150/40S1G
150	4,0	40	100	50	2750	320	2110	160	200	55	B	RBW150/40S3G
150	5,0	40	100	50	3250	320	2610	160	200	55	A	RBW150/50S1G
150	5,0	40	100	50	3250	320	2610	160	200	55	B	RBW150/50S3G
200	5,0	50	150	50	2300	395	1510	175	250	77	A	RBW200/50S1G
200	5,0	50	150	50	2300	395	1510	175	250	77	B	RBW200/50S3G
200	6,3	50	150	50	2800	395	2010	175	250	77	A	RBW200/63S1G
200	6,3	50	150	50	2800	395	2010	175	250	77	B	RBW200/63S3G
200	8,0	50	150	50	3300	395	2510	175	250	77	A	RBW200/80S1G
200	8,0	50	150	50	3300	395	2510	175	250	77	B	RBW200/80S3G
200	10,0	50	150	50	3800	395	3010	175	250	77	A	RBW200/100S1G
200	10,0	50	150	50	3800	395	3010	175	250	77	B	RBW200/100S3G
300	12,5	80	200	50	2350	520	1310	235	275	112	A	RBW300/125S1G
300	12,5	80	200	50	2350	520	1310	235	275	112	B	RBW300/125S3G
300	16,0	80	200	50	2850	520	1810	235	275	112	A	RBW300/160S1G
300	16,0	80	200	50	2850	520	1810	235	275	112	B	RBW300/160S3G
300	20,0	80	200	50	3350	520	2310	235	275	112	A	RBW300/200S1G
300	20,0	80	200	50	3350	520	2310	235	275	112	B	RBW300/200S3G
300	25,0	80	200	50	3850	520	2810	235	275	112	A	RBW300/250S1G
300	25,0	80	200	50	3850	520	2810	235	275	112	B	RBW300/250S3G



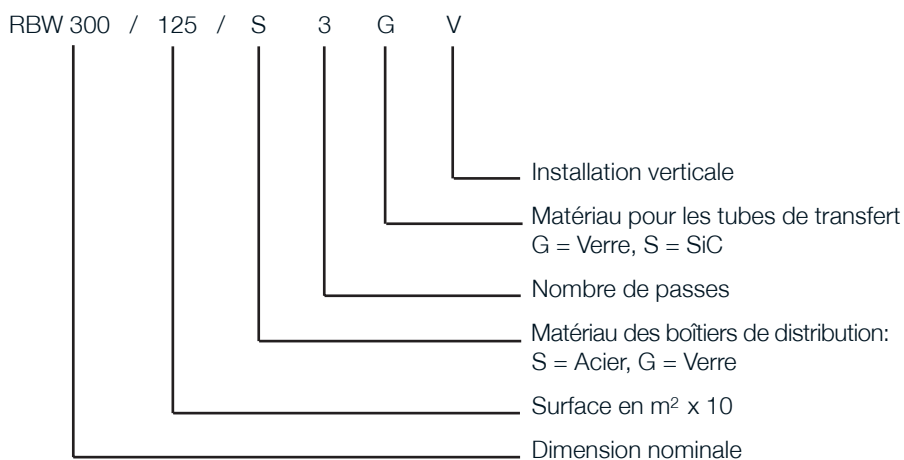
## ECHANGEURS DE CHALEUR TUBULAIRES

### Echangeurs de chaleur tubulaires pour montage vertical

Tous les échangeurs de chaleur précédemment décrits aux pages 5.16 à 5.19 sont aussi livrables, sur demande, en version pour montage vertical. Des possibilités de vidange et de purge sont alors prévues au niveau des plaques de tête. Les limites de fournitures incluent les supports servant de base pour la fixation dans la charpente (voir cotes de montage).

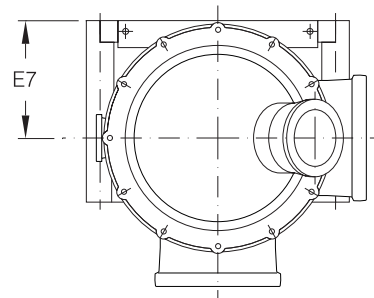
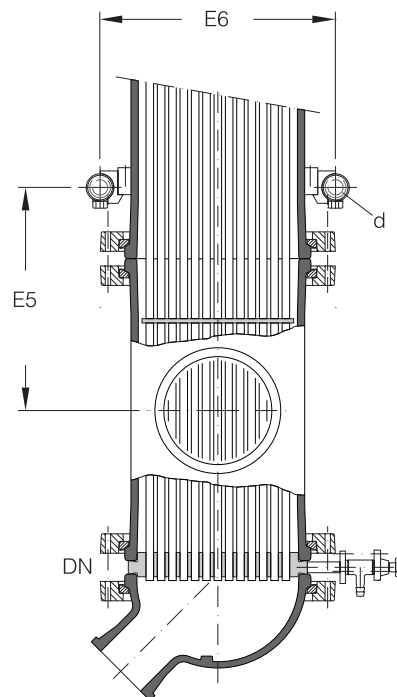
 La référence de l'échangeur de chaleur (voir pages 5.17 à 5.19) doit alors être complétée par la lettre »V« (voir clé des références).

### Clé des références



### Cotes de montage

Référence	DN	Surface (m <sup>2</sup> )	E5	E6	E7	d
RBW150/25..GV	150	2,5	300	300	148	42
RBW150/32..GV	150	3,2	300	300	148	42
RBW150/40..GV	150	4,0	300	300	148	42
RBW150/50..GV	150	5,0	300	300	148	42
RBW200/50..GV	200	5,0	375	305	168	42
RBW200/63..GV	200	6,3	375	305	168	42
RBW200/80..GV	200	8,0	375	305	168	42
RBW200/100..GV	200	10,0	375	305	168	42
RBW300/125..GV	300	12,5	425	436	218	42
RBW300/160..GV	300	16,0	425	436	218	42
RBW300/200..GV	300	20,0	425	436	218	42
RBW300/250..GV	300	25,0	425	436	218	42



## ECHANGEURS DE CHALEUR TUBULAIRES

### Caractéristiques de puissance

Pour déterminer grossièrement les surfaces d'échange, on peut partir des valeurs indicatives suivantes pour les coefficients d'échange de chaleur (valeur k) :

Type de transfert	Fluide	Coef. de transfert de chaleur(W/m <sup>2</sup> K <sup>-1</sup> ) pour des tubes en	
		Verre	SiC
Liquide-Liquide	Eau-Eau	330-560	650-1800
	Eau-Solvant	300-500	500-1400
	Eau-Monofluide	220-400	400-800
Liquide-Gaz	Eau-Air	15-90	15-90
Condensation	Eau-Eau	520-640	1400-3100
	Eau-Solvant	400-580	900-2100

### Caractéristiques techniques

Référence	Surface (m <sup>2</sup> )	Nombre de Tubes (Ø14 x 1,5)	Section de passage libre		Volume	
			Tubes (cm <sup>2</sup> )	Calandre (cm <sup>2</sup> )	Tubes et boîtiers de distribution (l)	Calandre (l)
RBW150/25..1..	2,5	37	35	120	9,0	18
RBW150/32..1..	3,2	37	35	120	10,0	24
RBW150/40..1..	4,0	37	35	120	12,5	30
RBW150/50..1..	5,0	37	35	120	14,0	36
RBW200/50..1..	5,0	61	58	220	19,0	47
RBW200/63..1..	6,3	61	58	220	22,0	58
RBW200/80..1..	8,0	61	58	220	25,0	69
RBW200/100..1..	10,0	61	58	220	28,0	80
RBW300/125..1..	12,5	163	155	456	53,5	94
RBW300/160..1..	16,0	163	155	456	61,0	117
RBW300/200..1..	20,0	163	155	456	69,0	140
RBW300/250..1..	25,0	163	155	456	75,5	163
RBW150/25..3..	2,5	37	11,7	120	9,0	18
RBW150/32..3..	3,2	37	11,7	120	10,0	24
RBW150/40..3..	4,0	37	11,7	120	12,5	30
RBW150/50..3..	5,0	37	11,7	120	14,0	36
RBW200/50..3..	5,0	61	19,3	220	19,0	47
RBW200/63..3..	6,3	61	19,3	220	22,0	58
RBW200/80..3..	8,0	61	19,3	220	25,0	69
RBW200/100..3..	10,0	61	19,3	220	28,0	80
RBW300/125..3..	12,5	163	51,6	456	53,5	94
RBW300/160..3..	16,0	163	51,6	456	61,0	117
RBW300/200..3..	20,0	163	51,6	456	69,0	140
RBW300/250..3..	25,0	163	51,6	456	75,5	163



Pour les échangeurs de chaleur tubulaires de diamètre 300 avec boîtiers de distribution en acier, le nombre de tubes se réduit à 162 (les plaques de tête ayant une retenue centrale).

## ECHANGEURS DE CHALEUR TUBULAIRES

### Echangeurs de chaleur tubulaires en version spéciale

La modularité des appareils standards (voir page 5.15) autorise une multitude de variantes de matériaux permettant d'adapter les échangeurs de chaleur en vue de l'application considérée. Vous trouverez de plus amples informations à ce sujet dans le tableau suivant ainsi que dans notre fiche technique spécialisée.

Diamètre nominal	DN	50 - 450
Surface d'échange	m <sup>2</sup>	jusqu'à 60
Diamètre extérieur des tubes	mm	14 ou plus
Nombre de passe	-	1 - 4
Conditions de service admissibles	Pression	bar max. 5
	Température	°C max. 180
	Pression différentielle (tube/calandre)	bar max. 6
Matériaux	Calandre	- Verre borosilicate 3.3 Acier inoxydable Acier émaillé ou revêtu Matériaux spéciaux
	Boîtiers de distribution	- Verre borosilicate 3.3 Acier inoxydable Acier émaillé ou revêtu
	Plaques de tête	- PTFE massif Plaques CORETHERM
	Presse-étoupes et joints	- PTFE
	Chicanes	- PTFE
	Tubes échangeurs de chaleur	- Verre borosilicate 3.3 Carbure de silicium Acier inoxydable Matériaux spéciaux



Autres possibilités sur demande :

- Générateurs de turbulences pour le montage dans les tubes échangeurs de chaleur. Ils permettent de multiplier pratiquement par 3 les performances d'échange de chaleur normalement permises par les tubes.
- Plaques de tête doubles, garantissant une séparation parfaite des zones de pression côté calandre et côté tubes. Cette solution élimine les risques liés à d'éventuelles fuites, par exemple une contamination du produit par du fluide de chauffage ou de refroidissement, ce qui revêt une importance toute particulière pour des installations satisfaisant aux critères GMP.

## BOUILLEURS METALLIQUES

Disponibles en différentes versions, les bouilleurs métalliques s'utilisent pour toutes les applications nécessitant des pressions de vapeur élevées et/ou d'importantes surfaces de transmission de chaleur.

Lors du choix du matériau (les bouilleurs à serpentin et les modèles à anneau circulaire sont livrés de manière standard en inox), il conviendra de tenir compte des propriétés du produit.

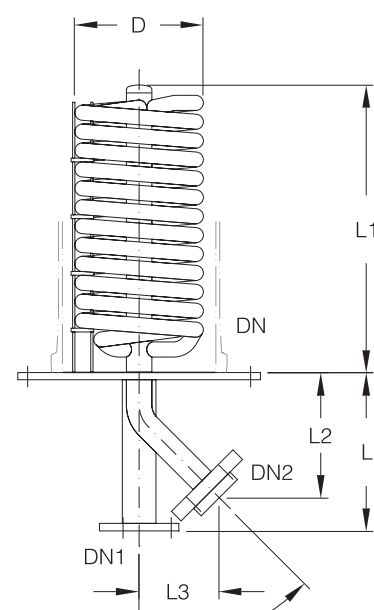
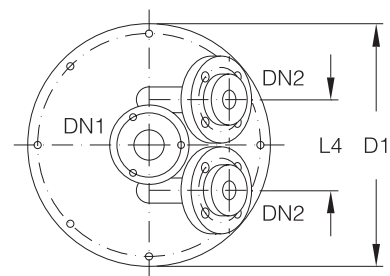
### Bouilleurs à serpentin

Cette variante s'utilise pour le chauffage de ballons sphériques et de réacteurs cylindriques (voir chapitre 4 «Réacteurs/Agitations») et les pieds de colonnes (voir chapitre 5 «Eléments de colonnes»). Le serpentin de chauffage est soudé sur une plaque de fond qui se raccorde aisément à une tubulure QVF. Des flexibles sont prévus pour les raccordements de vapeur et de condensat (voir chapitre 9 «Assemblages»).

Les bouilleurs à serpentin sont livrés de manière standard en inox. Sur demande, ils sont également disponibles en titane, en tantale ou en Hastelloy.



La pression relative de service admissible des bouilleurs à serpentin est de 20 bars, et la température de service est de 300 °C (raccordement de vapeur et de condensat PN 40, EN 1092).



Surface (m <sup>2</sup> )	DN	DN1	DN2	D	D1	L	L1	L2	L3	L4	Volume (l)	Référence
0,15	150	25	2 x 25	145	274	210	235	166	106	120	1,0	EH150/1.5
0,25	150	25	2 x 25	145	274	210	375	166	106	120	1,6	EH150/2.5
0,25	200	40	2 x 25	170	321	210	255	166	106	120	1,8	EH200/2.5
0,5	200	40	2 x 25	170	321	210	380	166	106	120	2,7	EH200/5
0,8	200	40	2 x 25	170	321	210	555	166	106	120	3,9	EH200/8
1,0	200	40	2 x 25	170	321	210	655	166	106	120	4,6	EH200/10
1,5	200	40	2 x 25	170	321	210	930	166	106	120	6,6	EH200/15
1,5	300	40	2 x 25	250	420	215	555	171	106	170	6,5	EH300/15
2,0	300	40	2 x 25	250	420	215	705	171	106	170	8,0	EH300/20
3,0	300	40	2 x 25	250	420	215	1005	171	106	170	10,0	EH300/30

## BOUILLEURS METALLIQUES

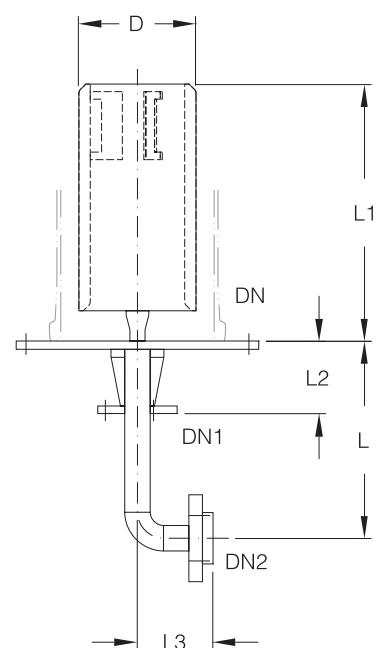
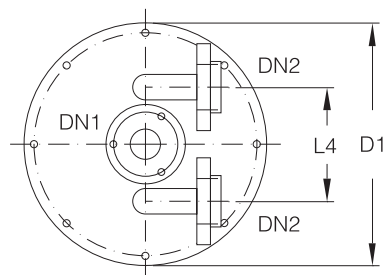
### Bouilleurs à anneau circulaire

Ils se montent de préférence dans des ballons sphériques et permettent d'atteindre, avec un agitateur à hélice en position centrale, des coefficients d'échange importants et des performances d'évaporation élevées. Grâce à la circulation forcée du produit vers la surface d'échange de chaleur, il est possible d'assurer une excellente vaporisation jusqu'à un très faible volume résiduel. Parmi les autres avantages figurent la surface lisse, le déflecteur intégré dans l'espace intérieur, et le siège de robinet QVF intégré dans la plaque de fond pour l'installation d'une vanne de fond de cuve en verre borosilicate 3.3 »BAS40« (voir chapitre 3 »Robinets et filtres«). Des flexibles sont étudiés pour les raccordements de vapeur et de condensat (voir chapitre 9 »Assemblages«).

Les bouilleurs à anneau circulaire sont fournis de manière standard en inox. Sur demande, ils sont également disponibles en titane, en tantale ou en Hastelloy.



La pression relative de service admissible des bouilleurs à anneau circulaire est de 6 bars, et la température de service est de 200 °C (raccordement de vapeur et de condensat PN 40, EN 1092).



Surface (m <sup>2</sup> )	DN	DN1	DN2	D	D1	L	L1	L2	L3	L4	Volume (l)	Référence
0,15	200	40	2 x 25	155	321	261	225	96	100	151	0,75	KRH200/1.5
0,2	200	40	2 x 25	155	321	261	285	96	100	151	1,0	KRH200/2
0,25	200	40	2 x 25	155	321	261	340	96	100	151	1,25	KRH200/2.5
0,3	300	40	2 x 25	235	420	265	295	100	100	210	3,0	KRH300/3
0,35	300	40	2 x 25	235	420	265	330	100	100	210	3,5	KRH300/3.5
0,4	300	40	2 x 25	235	420	265	370	100	100	210	4,0	KRH300/4
0,45	300	40	2 x 25	235	420	265	405	100	100	210	4,5	KRH300/4.5
0,5	300	40	2 x 25	235	420	265	445	100	100	210	5,0	KRH300/5

## BOUILLEURS METALLIQUES

### Bouilleurs à baïonnette

Cette version également très universelle s'utilise en cas de contraintes élevées en matière de résistance à la corrosion. Les applications typiques sont la construction d'évaporateurs à circulation par thermosiphon et le chauffage de colonnes. Du fait de leur construction sous forme de tubes multiples, ils garantissent également une bonne transmission de chaleur, même en cas de surfaces d'échange importantes.

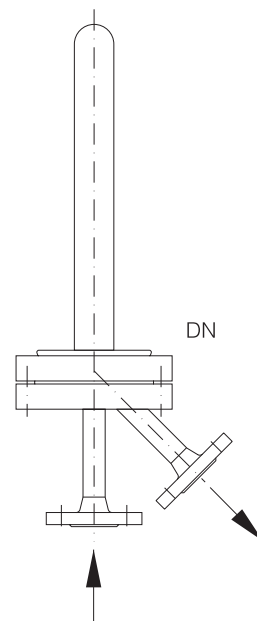
Les baïonnettes dans une gamme allant de DN 80 à DN 600 et avec des surfaces d'échange de 0,05 à 8,5 m<sup>2</sup>.

Le fond de ces dispositifs de chauffage est conçu pour répartir la vapeur et collecter le condensat. Le raccordement s'effectue sur des tubulures soudées. Des flexibles sont étudiés pour les raccordements de vapeur et de condensat (voir chapitre 9 «Assemblages»).

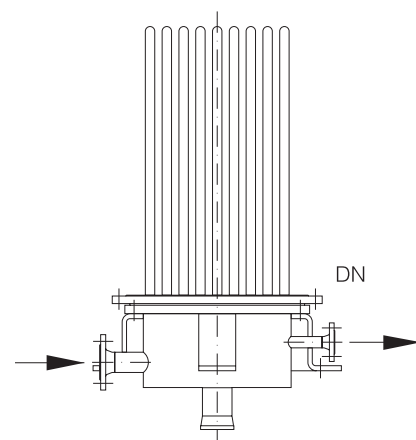
Ces baïonnettes sont fournies de manière standard en tantale. Sur demande, ils sont également disponibles dans d'autres matériaux.



La pression relative de service admissible des baïonnettes est de 10 bars, et la température de service est de 210 °C (raccordement de vapeur et de condensat PN 40, EN 1092).



DN80 - DN100  
0,05m<sup>2</sup> - 0,4m<sup>2</sup>



DN150 - DN600  
0,1m<sup>2</sup> - 8,5m<sup>2</sup>