



**Mélange / échange de chaleur**  
Combinaisons uniques de mélangeurs/échangeurs

En 1993, Fluitec a mis son premier mélangeur statique sur le marché. Aujourd'hui, l'entreprise Fluitec, partenaire de confiance, fournit des produits et un savoir-faire de haute qualité pour les tâches de mélange, d'échange de chaleur et de réaction les plus diverses dans les secteurs de l'industrie chimique, pétrochimique, pharmaceutique, environnementale et alimentaire.



Vue de l'atelier de fabrication – Les équipements pesant jusqu'à 3,5 tonnes sont fabriqués en interne.



Dirigeants de la société Fluitec : Daniel Altenburger (directeur), Silvano Andreoli (chef de production), Alain Georg (direction F&E), Tobias Vögeli (chef des ventes)



L'équipe Fluitec

## **Le mélangeur/échangeur de chaleur Fluitec**

page 4 à 9

## **Mélangeurs/échangeurs de chaleur comme réacteur**

page 10 à 11

## **Scale Up (évolutivité)**

page 12

## **Exemples d'applications**

page 13 à 15

## **Echangeur de chaleur à tubes et calandre**

page 16

## **Echangeur de chaleur pour milieu stérile**

page 17

## **Fiche de renseignements**

page 18

## **Autres produits Fluitec**

page 19

Depuis plus de 20 ans maintenant, le mélangeur / échangeur de chaleur Fluitec simplifie le réchauffage et le refroidissement des fluides visqueux tels que les pâtes, les fondus ou les émulsions. Grâce à ses éléments de mélange spéciaux, le mélangeur/échangeur de chaleur CSE-XR maîtrise la dynamique des fluides à la fois du mélange croisé et du renouvellement de surface, de sorte que l'appareil convient aussi bien aux réactions chimiques exothermiques ou endothermiques qu'au conditionnement en température de fluides très visqueux (Réchauffage ou refroidissement).

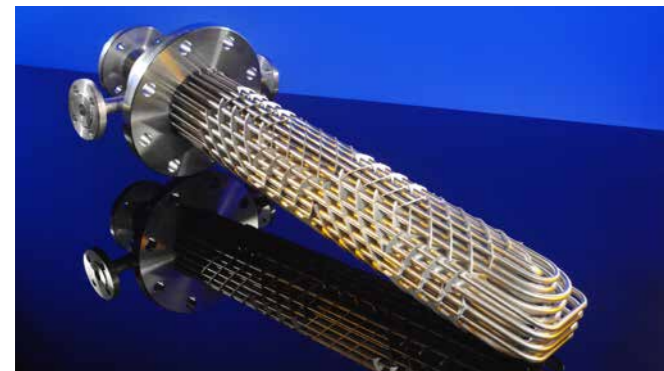
La technologie CSE-XR évolue constamment et offre entre-temps des performances optimales dans un large éventail de processus. Le mélangeur / échangeur de chaleur est la combinaison d'un mélangeur statique et d'un échangeur de chaleur multitube dans lequel un produit côté calandre s'écoule à travers le mélangeur statique. Les avantages de ces deux systèmes distincts sont regroupés pour une utilisation avec des fluides à écoulement lent.

### Domaines d'utilisation

Le mélangeur/échangeur de chaleur CSE-XR peut être utilisé soit comme échangeur de chaleur, soit comme réacteur.

Applications typiques :

- Réchauffage et refroidissement en régime d'écoulement laminaire
- Refroidissement et homogénéisation de fluides avec de grandes différences de viscosité
- Traitement et fabrication de colles et de masse fondues
- Refroidissement et homogénéisation de masses fondues pour l'industrie des fibres synthétiques
- Surveillance de la température et homogénéisation des polymères fondus et des mousses plastiques
- Mélange et conditionnement en température de polyols avec des agents gonflants et des isocyanates
- Réchauffage et refroidissement de produits pour l'industrie alimentaire
- Réacteur à écoulement piston et à boucle conventionnel pour les procédés chimiques très complexes



Le faisceau de tubes d'un mélangeur/échangeur de chaleur CSE-XR

- Réacteur pour polymérisations de masse
- Réactions avec effets thermiques sur des fluides à haute viscosité, par ex. polymérisations
- Appareil de réaction en continue pour des temps de réaction strictement définis
- Réacteur à temps de séjour isotherme pour fluides fortement et faiblement visqueux
- Réactions chimiques rapides de fluides faiblement visqueux à fort dégagement de chaleur avec régulation précise de la température.
- Refroidissement externe et mélange de réacteurs à cuve agitée
- Chauffage de liquide visqueux avec de la vapeur, même avec de grandes pressions de service
- Réacteur de gazéification isotherme pour systèmes gaz-liquide

Le mélangeur / échangeur de chaleur Fluitec fonctionne également là où les échangeurs de chaleur conventionnels sont voués à l'échec en raison de la pseudoplasticité (aminçissement par cisaillement), de la thixotropie ou d'autres changements de viscosité importants (liés à la température du produit).

### Du mélangeur CSE-X au mélangeur/échangeur de chaleur CSE-XR

Les mélangeurs statiques simples comme le CSE-X ont une efficacité de mélange très élevée. Lorsqu'il est utilisé avec des fluides visqueux, c'est-à-dire en régime d'écoulement laminaire, l'élément mélangeur CSE-X produit un écoulement piston uniforme avec un champ de cisaillement uniforme sur toute la surface de la section.

Si des éléments de mélange sont montés dans le tube intérieur d'un échangeur de chaleur monotube, le taux de transfert de chaleur à l'intérieur du tube augmente. Cependant, il existe également des limites à l'utilisation des éléments mélangeurs CSE-X dans les échangeurs de chaleur monotubes, car avec des diamètres de tube supérieurs à environ DN 50, le coefficient de transfert de chaleur est inversement proportionnel au diamètre :

$$\text{Equation 1 } \alpha_i = \frac{Nu \cdot \lambda}{D}$$

L'efficacité du transfert thermique étant plus faible par rapport au volume de l'appareil, elle doit être compensée en augmentant la surface d'échange thermique. Si un faisceau de tubes supplémentaire est inséré dans un réacteur à écoulement piston avec des éléments de mélange, une plus grande surface d'échange de chaleur interne est obtenue qui profite autant du mélangeur/échangeur de chaleur que de la zone extérieure d'échange de chaleur du réacteur, sans compromettre l'efficacité du mélange.

En d'autres termes, les mélangeurs statiques optimisent le transfert de chaleur sur la paroi du tube grâce à la convection radiale forcée.

L'appareil haute performance est équipé de multitubes internes. Avec les deux systèmes, le nombre de Nusselt est indépendant de la longueur du tube et peut être calculé comme suit :

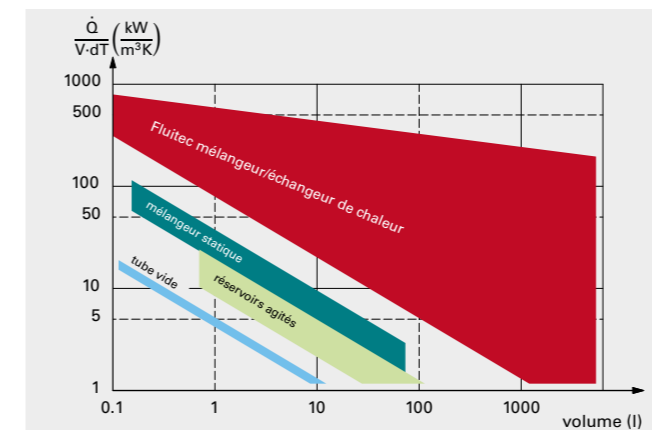
$$\text{Equation 2 } Nu = a \cdot Pe_D^b \cdot \left(\frac{Pr}{Pr_w}\right)^{0.14}$$

Les valeurs du coefficient a et de l'exposant b peuvent être trouvées dans la littérature. Le fait que le comportement d'écoulement puisse être à la fois newtonien et non newtonien, est une difficulté supplémentaire avec les milieux visqueux. Les polymères fondus et les solutions plastiques présentent des propriétés pseudoplastiques et viscoélastiques, tandis que les pâtes sont dilatantes (épaississement par cisaillement) et viscoplastiques. Des dépendances temporelles (rhéopexie ou thixotropie) et des effets de glissement de paroi sont également possibles. Tout cela peut entraîner des changements significatifs dans le coefficient a et l'exposant b, et donc d'énormes différences dans la conception.



Les tubes intérieurs de l'échangeur de chaleur correspondent à la zone interne d'échange de chaleur

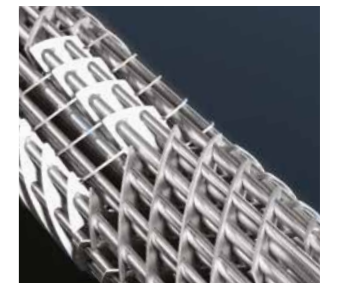
Les nombres de Nusselt très élevés obtenus par le mélangeur / échangeur de chaleur et la plus grande surface d'échange de chaleur se traduisent par une excellente capacité de transfert de chaleur spécifique volumique.



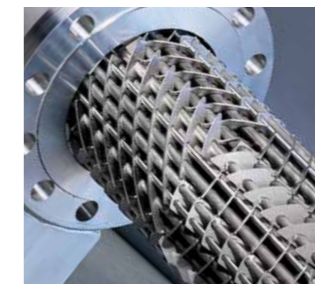
performances de transfert thermique spécifiques de différents échangeurs de chaleur



2ème génération



3ème génération



4ème génération



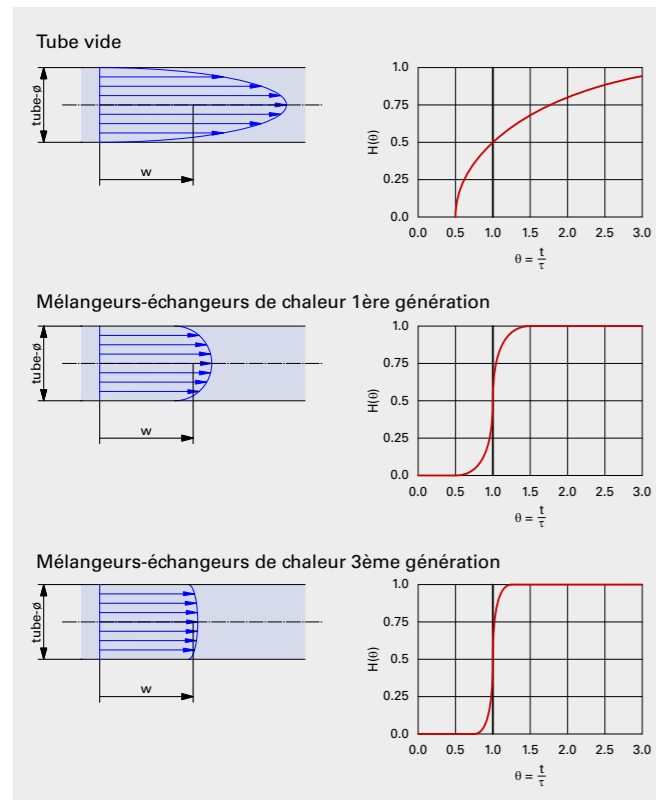
5ème génération

### Evolution du mélangeur/échangeur de chaleur

Le mélangeur / échangeur de chaleur CSE-XR® est en constante évolution. Après le lancement réussi du mélangeur/échangeur de chaleur en 1999, l'installation de barres supplémentaires quelques années plus tard a eu un impact positif à la fois sur l'efficacité du mélange et sur le transfert de chaleur. Ce concept de base a été régulièrement étendu et optimisé au cours des dernières années, par exemple avec une disposition alternative des tubes et de nouvelles géométries de barres.

Aujourd'hui, les mélangeurs / échangeurs de chaleur Fluitec CSE-XR peuvent être fournis dans de nombreuses versions et tailles différentes et avec différentes puissances et pressions nominales. Grâce à des outils de pointe comme la CAO 3D et la dynamique des fluides numérique (CFD), de nouvelles idées peuvent être développées et simulées beaucoup plus rapidement qu'il n'était possible il y a seulement quelques années.

Les dernières générations de mélangeurs / échangeurs de chaleur CSE-XR® peuvent non seulement être construits plus courts qu'avant grâce au transfert de chaleur optimisé ; ils offrent également des performances encore meilleures comme dans les opérations de mélange très intensives avec des taux de transfert de chaleur ou de masse élevés. Parallèlement au développement évolutif et à l'optimisation de l'efficacité du transfert de chaleur, une importance particulière a traditionnellement été accordée à la conciliation d'un comportement d'écoulement optimal avec une excellente répartition du temps de séjour. Ces progrès ont été obtenus tout en maintenant, et souvent en améliorant, les propriétés d'écoulement et de purge déjà exceptionnelles de la géométrie du mélangeur/échangeur de chaleur. La plage de temps de séjour a été encore optimisée avec chaque nouvelle version.



Comparaison de la vitesse et du temps de séjour lorsque des mélangeurs/échangeurs de chaleur sont utilisés dans un réacteur piston à écoulement laminaire. (Re < 20)

### Distribution des temps de séjour

Le mélangeur / échangeur de chaleur Fluitec CSE-XR® fournit une excellente distribution du temps de séjour. L'expérience pratique a montré que, selon le fluide, le mélangeur/échangeur de chaleur Fluitec CSE-XR® est absolument propre après avoir été purgé entre 2 et 4 fois son volume.

### Conception

Sous réserve que le client soit familiarisé avec le comportement de l'écoulement, Fluitec peut concevoir le mélangeur / échangeur de chaleur sans aucun test préliminaire grâce à de nombreuses années de recherche intensive et d'une grande expérience.

Pour les procédés de chauffage, la conception est généralement simple. En revanche, le refroidissement peut poser davantage de problèmes, surtout si la température descend en dessous du point de rupture. Des tests préliminaires sont donc recommandés pour des processus de refroidissement complexes et inconnus. Si des essais à l'échelle pilote ont déjà été réalisés à l'aide de mélangeurs statiques conventionnels, par exemple de forme hélicoïdale ou de type X, ces données peuvent être utilisées pour le passage au niveau de production.

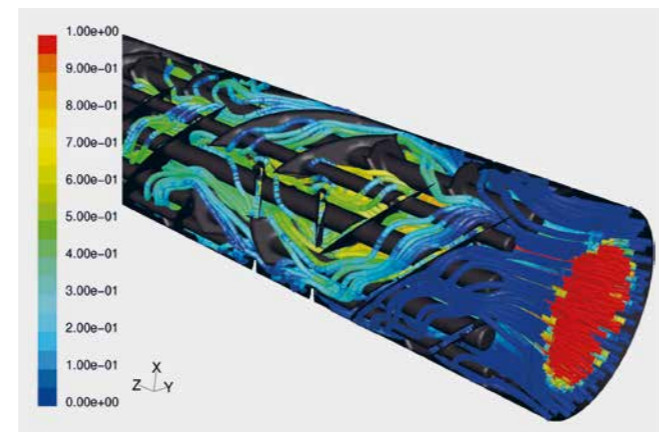
### Break Point (point de rupture)

Cette désignation interne décrit un effet pour lequel, malgré la réduction de la température de l'eau de refroidissement, on ne peut plus obtenir de refroidissement supplémentaire. Description de cet effet avec un exemple :

Un polymère fondu (viscosité @ 215°C = environ 1500 Pas) doit être refroidi dans un processus de 215°C à 190°C à un débit de 900 kg h<sup>-1</sup>. N'importe quel liquide de refroidissement peut être utilisé. Si nous examinons l'équation de transfert de chaleur (équation 3), le coefficient de transfert de chaleur k et la surface A se réfèrent à l'appareil. En sélectionnant la plus grande différence de température logarithmique possible ΔT<sub>L</sub>, un appareil plus petit peut être utilisé pour obtenir le refroidissement nécessaire dans l'échangeur de chaleur.

$$\text{Equation 3 } J_Q = k \cdot A \cdot \Delta T_L$$

La température finale souhaitée est obtenue en faisant fonctionner le refroidisseur de polymère à une température de refroidissement de 150°C. Si la température du réfrigérant est réduite à environ 100°C, la poursuite du refroidissement devient soudainement impossible. Cette température est appelée point de rupture. L'efficacité du mélange n'est plus suffisante pour empêcher l'accumulation de viscosité au niveau des tubes de l'échangeur de chaleur. La chute de pression au point de rupture sera probablement plus importante tandis que le nombre de Bodenstein sera légèrement inférieur. Ceci représente la limite d'application du mélangeur / échangeur de chaleur CSE-XR. Contrairement aux réacteurs à tubes croisés et aux échangeurs de chaleur multitubulaires, le mélangeur/échangeur de chaleur garantit également un bon profil de température au point de rupture. L'efficacité élevée du mélangeur CSE-XR réduit au minimum le risque de mauvaise distribution. Le point de rupture doit généralement être déterminé au moyen d'essais préliminaires à petite échelle. Cela permet de s'assurer que le processus peut être exploité avec la plus grande différence de température logarithmique ΔT<sub>L</sub>.



Simulation CFD d'un mélangeur-échangeur de chaleur CSE-XR

### Refroidissement supérieur à la moyenne

Le grand avantage du système mélangeur / échangeur de chaleur réside dans les nombreuses combinaisons différentes d'éléments de mélange et de tubes. Le point de rupture peut être influencé en sélectionnant la géométrie optimale. En d'autres termes, la gamme d'applications de l'échangeur de chaleur peut, dans certaines circonstances, être étendue en choisissant des géométries à haute performance.

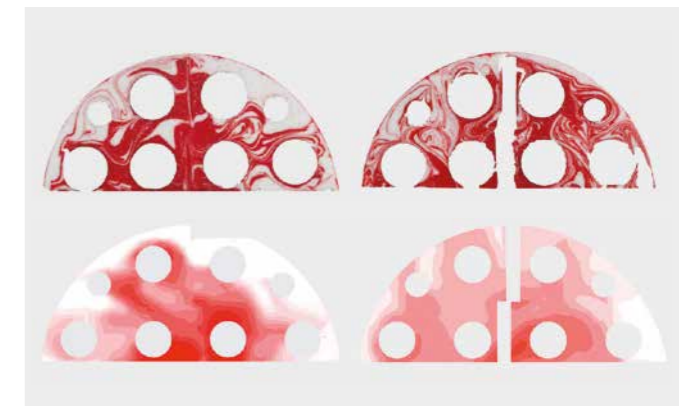
Il est alors possible de mélanger des milieux fortement pseudoplastiques (non newtonien) ou thixotrope sur une large plage de température et avec une grande différence entre la viscosité à l'entrée et à la sortie ainsi que pour les températures du liquide de refroidissement.

### Mauvaise distribution

Avec les échangeurs de chaleur à tubes conventionnels, c'est-à-dire sans mélangeur statique, un écoulement laminaire entraîne souvent des problèmes avec la couche de fluide sur la paroi du tube, qui dans un tube à écoulement axial ne s'écoule que très lentement en raison de la friction. Si ce tube vide est simultanément refroidi, la vitesse de l'écoulement sur la paroi du tube peut être encore réduite car la viscosité du produit refroidi augmente, ce qui fait que la couche superficielle s'immobilise rapidement. La couche qui se forme alors parfois sur la paroi du tube peut ensuite s'épaissir. S'il y a un flux parallèle à travers les tubes (échangeur de chaleur multitube), la formation de couches de couches superficielles, les différences de viscosité dues aux différentes températures du produit et l'influence du cisaillement sur le produit peuvent entraîner une mauvaise répartition, auquel cas les échangeurs de chaleur se caractérisent non seulement par de mauvaises performances mais aussi par une distribution indéfinie du temps de séjour.

En supposant que le mélangeur / échangeur de chaleur CSE-XR soit utilisé correctement, le risque d'effets de mauvaise distribution peut être exclu. Les faiblesses susmentionnées des échangeurs de chaleur à tubes conventionnels sont évitées car il y a un flux de produit uniforme à travers un seul tube de mélangeur et le mélangeur statique garantit que le champ de cisaillement reste constant sur toute la section transversale. L'entrée oblique du flux dans les tubes de l'échangeur de chaleur signifie que le média sur la paroi du tube est continuellement et uniformément renouvelé (renouvellement de surface). Un flux oblique vers les multitubes augmente considérablement le taux de transfert de chaleur dans le régime d'écoulement laminaire par rapport aux systèmes qui fonctionnent avec un flux parallèle (par exemple, un tube à double enveloppe).

Grâce à son écoulement piston, le mélangeur statique garantit une plage de temps de séjour étroite et une température de produit homogène sur toute la surface de la section transversale. Même les médias où le temps de séjour est critique peuvent être traités sans aucun problème.

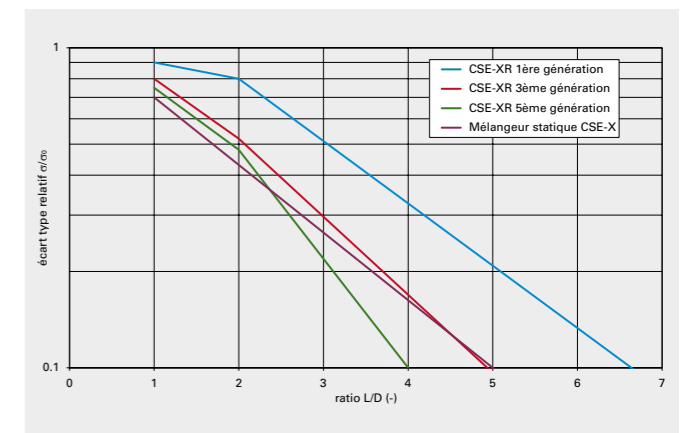


Section époxy d'un mélangeur/échangeur de chaleur de première génération selon 2D et 4D (en haut : réalité, en bas : simulation CFD)

### Performance de mélange dans le mélangeur/échangeur de chaleur

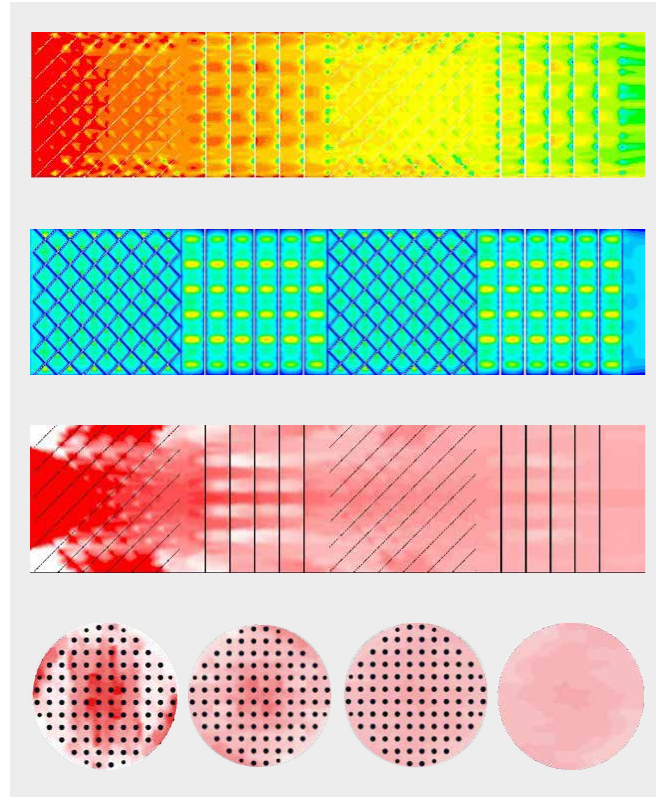
La qualité du mélange a été déterminée d'une part en utilisant la simulation numérique de dynamique des fluides et d'autre part par des mesures pratiques avec le traitement d'image Fluitec (FIP).

Le mélangeur / échangeur de chaleur offre une excellente efficacité de mélange. Des études ont confirmé que, selon la génération, l'échangeur de chaleur atteint des performances de mélange rivalisant même avec les meilleurs mélangeurs statiques.



Comparaison de la qualité de mélange entre les mélangeurs statiques et les mélangeurs/échangeurs de chaleur

Après des essais approfondis, il est également possible aujourd'hui de calculer le profil de la température sur la section transversale après des processus de refroidissement avec une très grande différence de température à la sortie. Des valeurs garanties de +/- 0,5°C à +/- 2°C sont la norme.

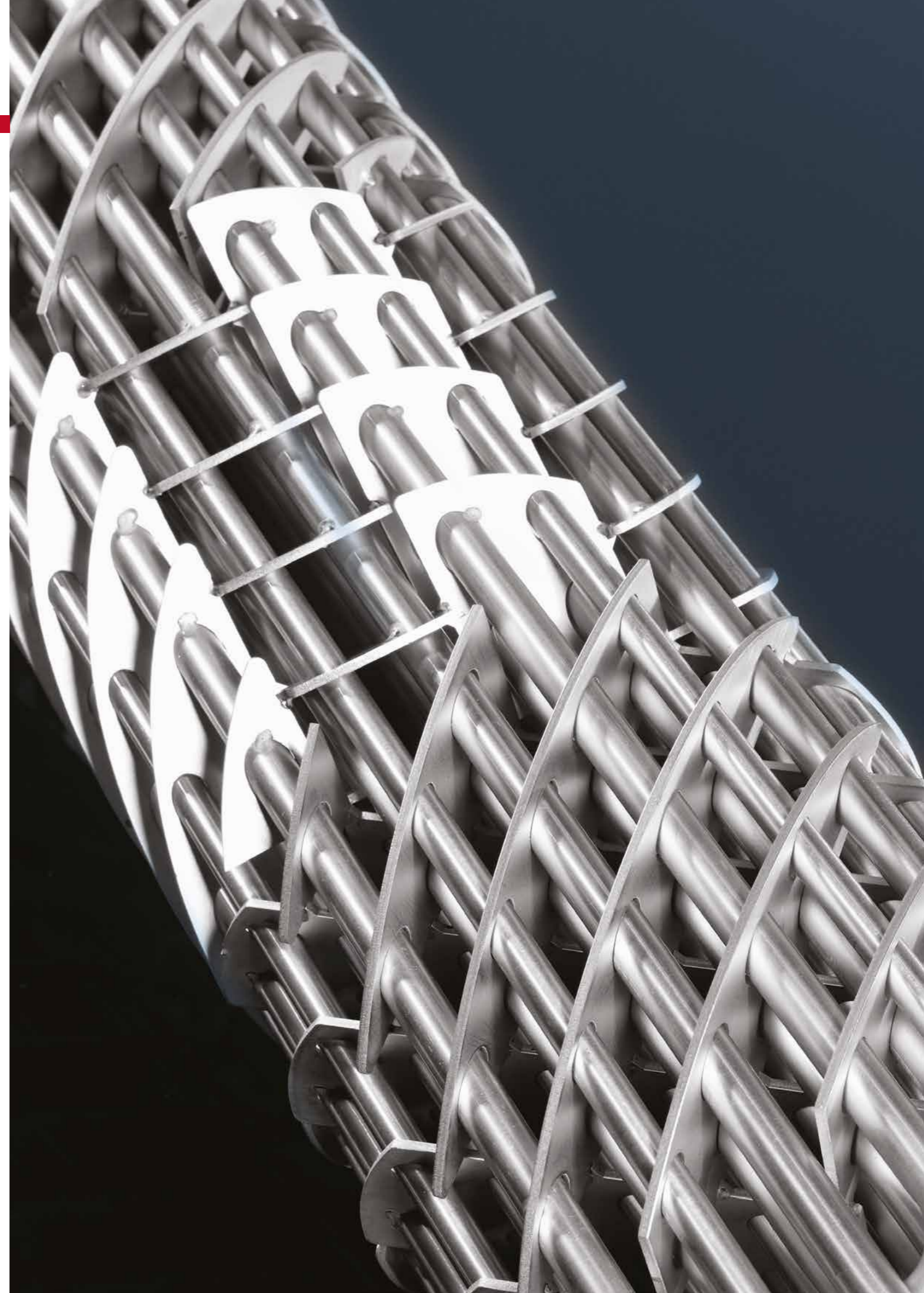


Temperature curve, shear and mixing in a mixer / heat exchanger

**Exemple**

Une matière fondue chaude d'une viscosité d'environ 2000 Pas a dû être refroidie de 140°C à 80°C dans une installation de revêtement. La température de l'eau de refroidissement était de 70°C. Des mesures de garantie ont été effectuées sur l'installation de production à la sortie du mélangeur / échangeur de chaleur CSE-XR. Il était possible d'ajuster le profil de température sur la section transversale à 80°C +/- 1,0°C pendant la production continue.

Même des fluctuations momentanées de température allant jusqu'à +/- 20°C en amont de l'entrée du mélangeur/échangeur de chaleur peuvent être compensées grâce à l'efficacité de mélange élevée de l'échangeur. Toutefois, ceci est conditionné par une conception de l'échangeur de chaleur qui tient compte de divers critères supplémentaires. Il existe des méthodes de calcul détaillées pour faciliter la prédiction du profil de température à la fois dans les directions radiale et longitudinale du mélangeur/échangeur de chaleur CSE-XR.



## Réacteurs basés sur des mélangeurs/échangeurs de chaleur

Grâce à leurs propriétés en matière de procédés spéciaux, les mélangeurs CSE-X ou mélangeurs/échangeurs de chaleur CSE-XR sont idéaux pour la réalisation de réactions chimiques. Ils sont principalement utilisés comme réacteurs à tube ou à boucle dans les processus de réaction continus.

Dans les procédés discontinus, les systèmes de mélange Fluitec sont utilisés soit comme prémélangeurs, soit comme réacteurs à boucle externes supplémentaires à des réservoirs agités. Les propriétés des fluides impliqués dans une réaction chimique déterminent si cette réaction doit être effectuée en continu ou en discontinu ; toutefois, le choix du procédé de réaction est également influencé par les avantages et les inconvénients de chaque type de procédé.

## Procédé de réaction en continu

Contrairement aux processus de réaction par lots, un flux de matières de base est constamment ajouté et retiré d'un réacteur continu. Ce processus de réaction en régime permanent est caractérisé par la constance des paramètres de réaction „concentration“ et „température“ dans le temps. Les avantages des procédés de réaction en continu peuvent être résumés comme suit :

- La qualité de mélange définie et la plage de temps de séjour étroite permettent d'obtenir une qualité de produit élevée.
- Le taux de conversion dans un réacteur tubulaire est plus élevé que celui dans un réacteur en continu à cuve agitée.
- Le réacteur ne nécessite pratiquement aucun entretien et sa consommation d'énergie est faible.
- Le réacteur peut être utilisé avec un petit volume de réaction (contrôle et sécurité améliorés).
- Le haut niveau d'automatisation entraîne de faibles coûts d'exploitation et d'investissement.



Mélangeurs-échangeurs de chaleur avec une grande surface spécifique de transfert thermique. Idéal pour la recherche de procédés et le développement de réactions en-ligne



Réacteur de polymérisation DN250

## Taux de conversion et taux de réaction

La vitesse de réaction RG est caractérisée par le taux de conversion déterminé pour la matière première i dans une réaction chimique :

$$\text{Equation 4 } U_i = \frac{n_{i,0} - n_i}{n_{i,0}} = \frac{c_{i,0} \cdot V_0 - c_i \cdot V}{c_{i,0} \cdot V_0}$$

Où  $n_{i,0}$  est la quantité d'une matière initiale avant la réaction (au temps  $t = 0$ ) et  $n_i$  est la quantité de ce composant moment  $t$ . Cette définition basée sur les quantités de substances est toujours correcte mais est considérée comme peu pratique par les chimistes, qui préfèrent calculer à l'aide des concentrations ;  $V_0 = V$  peut souvent être supposé par souci de simplification.

Une classification pratique de la vitesse de réaction est dérivée de la demi-vie  $t_H$ . Il s'agit du temps  $t_H$  après lequel la moitié du produit initial a réagi, c'est-à-dire lorsque le taux de conversion  $U_i = 0,5$ . Les réactions sont classées comme suivantes :

	$t_H > 1 \text{ min}$	lente
$1 \text{ s} <$	$t_H < 1 \text{ min}$	normale
$1 \text{ ms} <$	$t_H < 1 \text{ s}$	rapide
	$t_H < 1 \text{ ms}$	très rapide

Les mélangeurs et les échangeurs de chaleur Fluitec sont utilisés pour des réactions lentes, normales ou rapides. Si les réactions dans lesquelles il se produit initialement une production de chaleur très élevée doivent être contrôlées de manière isotherme, les réacteurs à boucle continue sont préférés. Une section à temps de séjour approprié peut être installée en aval.

## Efficacité de mélange élevée pour technologie de réaction

La haute qualité de mélange du mélangeur / échangeur de chaleur CSE-XR en régime d'écoulement laminaire est unique et permet de combiner différents procédés chimiques.

Un mélangeur/échangeur de chaleur de première génération, par exemple, peut être utilisé pour mélanger deux fluides très visqueux. Les longueurs relatives requises nécessaires, à savoir  $L/D = 12$  à  $20$ , permettent d'apporter et d'évacuer simultanément une quantité considérable de chaleur. Des tâches de mélange plus complexes peuvent être réalisées avec des générations d'échangeurs de chaleur plus récentes. Un catalyseur à faible viscosité, par exemple, peut être ajouté à un monomère à haute viscosité en utilisant un mélangeur / échangeur de chaleur Fluitec de troisième génération tout en enlevant simultanément la chaleur de la réaction.

Pour cette raison, le mélangeur / échangeur de chaleur CSE-XR est souvent choisi pour les réactions chimiques telles que les estérifications et les polymérisations en masse, en émulsion ou en suspension.

## Nombre de Bodenstein

Un autre paramètre qui présente un intérêt pour un réacteur chimique est le temps pendant lequel les partenaires de la réaction sont disponibles pour la réaction. Le nombre de Bodenstein  $Bo$  est fréquemment utilisé à cette fin dans les réacteurs tubulaires. Ce nombre est une mesure de la largeur de la distribution du temps de séjour selon le modèle de dispersion. Dans les réacteurs Fluitec, le nombre de Bodenstein est déterminé comme suit :

$$\text{Equation 5 } Bo = \frac{u_z \cdot L}{D_{ax}}$$

## Modèle de dispersion

Le modèle de dispersion ne peut être utilisé qu'en cas de déviations mineures par rapport au modèle de déplacement idéal, en d'autres termes, des nombres de Bodenstein élevés et une distribution des matériaux presque axialement symétrique sont indispensables. Bien que le modèle de dispersion puisse théoriquement être extrapolé à  $Bo = 0$ , une valeur comprise entre  $Bo = 7$  et  $20$  est spécifiée selon



Section de réaction à temps de séjour composée de 6 mélangeurs/échangeurs de chaleur en ligne Fluitec.

la littérature, comme limite de distribution du temps de séjour entre un écoulement tubulaire et le réservoir agité.

Le réacteur doit fonctionner en régime permanent afin de déterminer la plage de temps de séjour. Il est extrêmement important que la substance marqueur à mesurer se comporte comme la solution réactionnelle et reste chimiquement non modifiée. Le temps de séjour moyen  $t$  peut être calculé selon l'équation 6, quelle que soit la conception du réacteur :

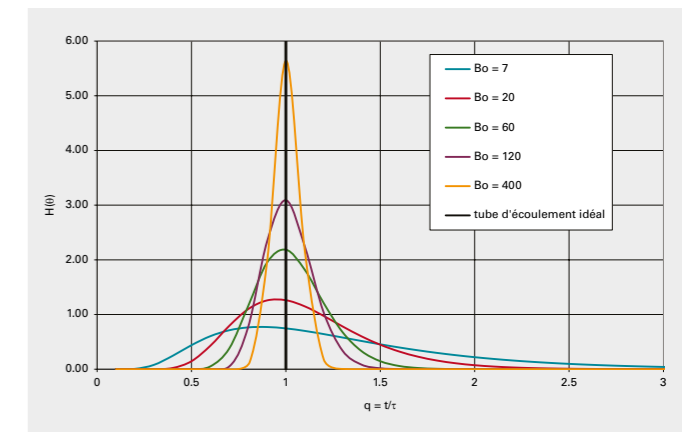
$$\text{Equation 6 } \tau = \frac{V_R}{\dot{V}}$$

$V_R$  = volume réacteur (L)

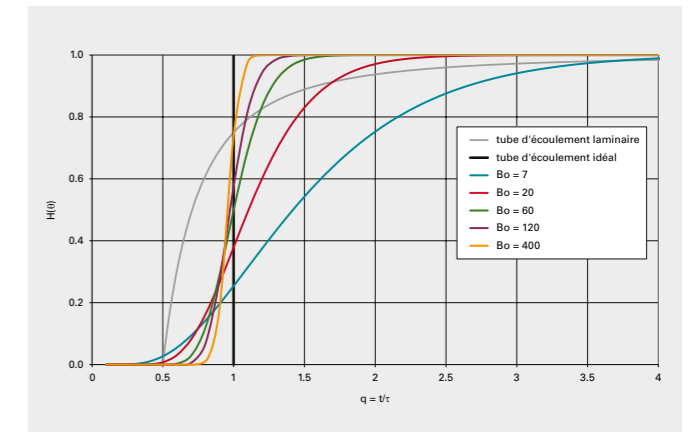
$\dot{V}$  = débit volumique réacteur (L s<sup>-1</sup>)

La courbe de temps de séjour cumulé est dérivée des valeurs mesurées dans la plage de temps de séjour, afin de pouvoir déterminer le nombre de Bodenstein dans le réacteur.

En fonction de la longueur disponible pour l'installation, des nombres de Bodenstein jusqu'à  $Bo = 400$  peuvent être atteints avec les réacteurs Mélangeur / échangeurs de chaleur Fluitec dans le domaine de la technologie de réaction ; Ceci se rapproche d'un régime à écoulement piston idéal.



Spectre des temps de séjour selon le modèle 1-d



Courbe des temps de séjour

## Le système évolutif Fluitec (Scale-Up)

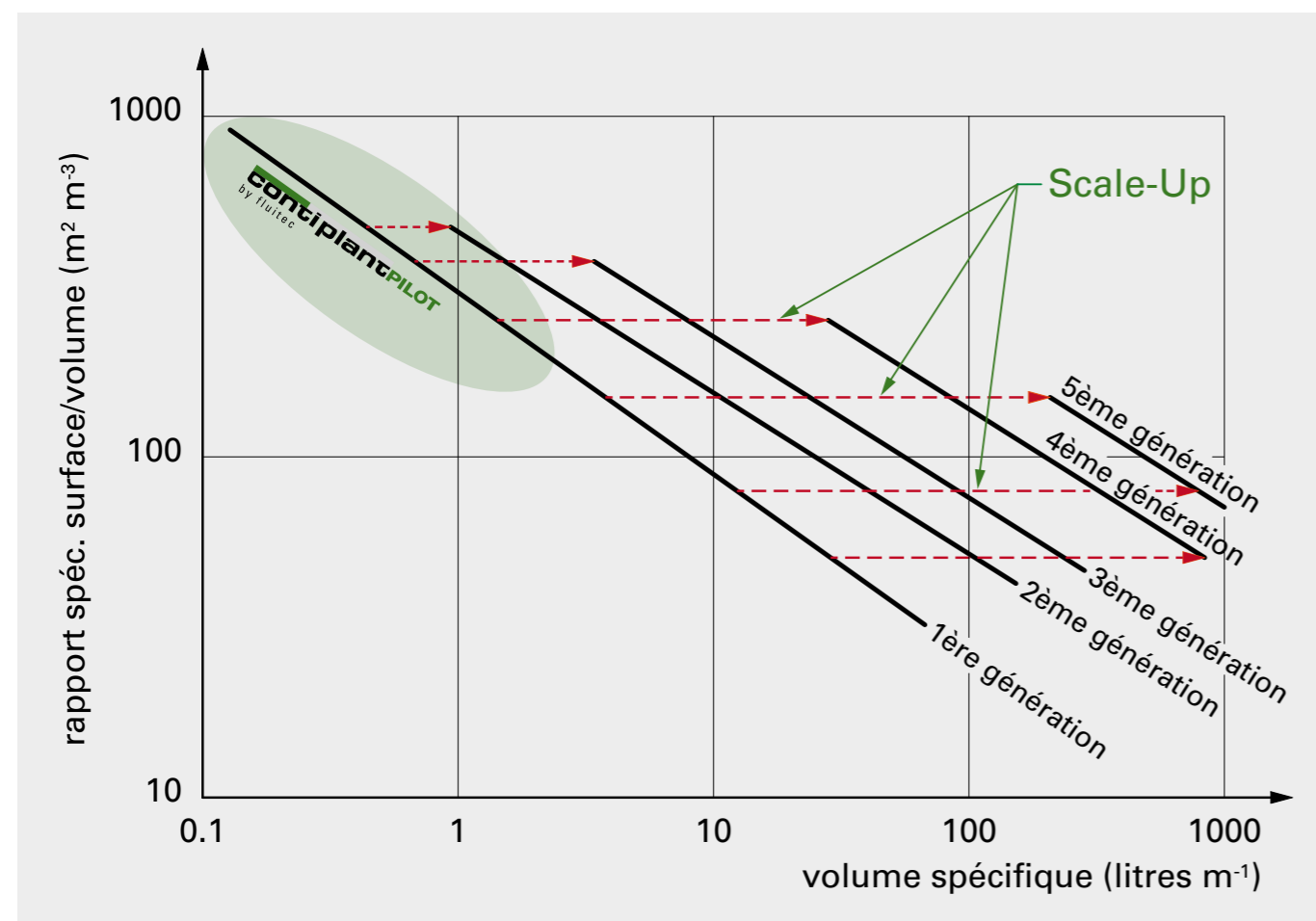
Nos mélangeurs/échangeurs de chaleur peuvent être agrandis facilement et avec précision car un rapport surface/volume constant est maintenu quelle que soit la taille de l'appareil.

La conception des éléments de mélange est simultanément adaptée afin que les modèles d'écoulement locaux - et donc les puissances spécifiques - restent également constants. Ceci est possible grâce aux différentes générations complexes de mélangeurs/échangeurs de chaleur.

Des appareils de tailles différentes mais présentant un rapport surface/volume identique sont définis le long des lignes de scale-up, de sorte que des scale-up précis peuvent être réalisés très simplement.



Mélangeurs/échangeurs de chaleur à rapport Surface / volume constant



Concept Fluitec Scale-Up

## Mélangeurs/échangeurs de chaleur pour le secteur alimentaire

Le mélangeur / échangeur de chaleur Fluitec offre une excellente aptitude au nettoyage en ligne, ce qui le rend approprié pour le traitement de produits à haute viscosité dans l'industrie alimentaire. La grande surface spécifique d'échange de chaleur rend le mélangeur / échangeur de chaleur CSE-XR® idéal pour les fluides hautement visqueux et les produits sensibles à la température.

Le transfert de chaleur élevé, qui se déroule sans production de chaleur locale ou de cisaillement élevé, la distribution étroite du temps de séjour et l'insensibilité à la mauvaise distribution sont d'autres avantages majeurs. Les problèmes d'usure et d'étanchéité, qui se produisent souvent avec d'autres types d'appareils comportant des pièces rotatives, sont totalement inconnus.

Le faisceau peut être entièrement retiré en quelques étapes simples à des fins d'inspection. La surface entière peut être nettoyée et stérilisée de manière contrôlée.

Le mélangeur / échangeur de chaleur Fluitec CSE-XR® est utilisé, par exemple, dans les applications suivantes :

- Conditionnement en température des aliments pâteux
- Refroidissement de la pâte de cacao et du beurre de cacao
- Post-refroidissement en aval des broyeurs à billes
- Fabrication de crèmes
- Traitement du caramel ou du réglisse
- Fabrication et traitement du chocolat et enrobages de chocolat
- Confiserie
- Traitement des graisses



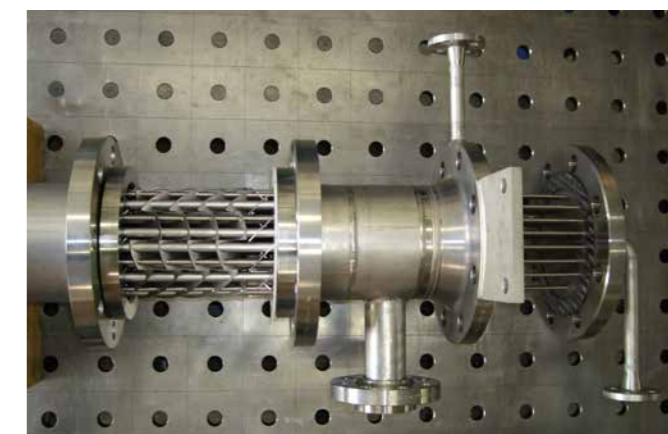
Mélangeurs/échangeurs de chaleur pour application alimentaire



Mélangeur/échangeur de chaleur CSE-XR, modèle alimentaire



Inspection par le client après nettoyage NEP



Echangeur de chaleur pour chauffage de produits alimentaires avec de la vapeur



### Refroidisseur pour revêtement de films et rubans adhésifs

Des couches d'adhésif uniformément réparties sont une condition préalable essentielle à la fabrication de films et de rubans adhésifs de qualité supérieure. La viscosité, et donc l'épaisseur des couches appliquées, peut être contrôlée de manière fiable grâce au contrôle constant de la température et au profil de température homogène ( $\pm 1$  à  $\pm 2^\circ\text{C}$ ) pendant le processus de fabrication.



### Refroidissement de polymères dans les procédés d'extrusion

Les mélangeurs/échangeurs de chaleur CSE-XR sont utilisés dans les processus d'extrusion pour modifier la température de la matière fondue (ajustement de la viscosité) et établir des conditions optimales pour le processus de fabrication.



### Extrusion de mousses

Un refroidissement homogène et uniforme doit être assuré lors de l'extrusion de mousses, car il existe un risque de mauvaise répartition si la viscosité augmente brusquement (colmatage des tubes individuels d'un échangeur de chaleur multitube). Grâce à sa conception spéciale, le mélangeur / échangeur de chaleur CSE-XR est capable de faire face aux différences de viscosité entre l'entrée et la sortie. L'appareil fonctionne en douceur, est autonettoyant et permet des changements de produit rapides.



### Mélangeurs/échangeurs de chaleur comme réacteur en continu

Les mélangeurs / échangeurs de chaleur peuvent être utilisés comme réacteurs tubulaires continus, par exemple pour les réactions suivantes : préparation de polymères, estérifications, nitrations, diazotations, réarrangements, alkylations, halogénations, hydratations, oxydations, polymérisations, neutralisations, etc.



### Procédé de conditionnement des adhésifs

Les résines et les adhésifs doivent souvent être refroidis et remélangés après le processus de production avant d'être conditionnés dans des récipients. Les réactions indésirables des résines et adhésifs chauds sont ainsi inhibées et l'évaporation ultérieure des solvants est évitée. En outre, la précipitation de certains ingrédients et composants est réduite et la qualité du produit est améliorée.



### Refroidissement de fibres synthétiques

Lors de la fabrication de fibres de polyester (PET), par exemple, la température optimale dans le finisseur - la dernière section d'un réacteur de polymérisation - est encore plus élevée que dans les que dans les filières. La masse fondue est donc refroidie entre l'unité de polycondensation et la filière, et une température homogène est établie. Cela améliore la qualité du produit, augmente le débit maximal et / ou permet l'utilisation de tubes plus longs avec des temps de séjour plus longs.



### Réacteur à écoulement piston et à boucle pour les polymérisations

Exemples d'applications

- Polymérisation radicale (en émulsion, en substance, en solution)
- Polymérisation ionique (anionique, cationique)
- Polymérisation par ouverture de cycle (cationique)
- Polycondensation



### Réchauffage de milieux visqueux avec un rendement thermique très élevé

Les mélangeurs / échangeurs de chaleur peuvent également fonctionner en parallèle pendant les processus de réchauffage s'il n'y a pas de risque de mauvaise distribution. Par exemple, pour des puissances calorifiques élevées, ils peuvent être disposés en tourelle. Dans ce cas, le produit à chauffer traverse plusieurs faisceaux de mélangeurs/échangeurs de chaleur en parallèle. L'image montre un détail d'un échangeur de chaleur tourelle avec une puissance thermique de 3 MW.



## Echangeur de chaleur multitube avec mélangeurs statiques

Les échangeurs de chaleur multitubes avec éléments de mélange intégrés dans les tubes sont idéaux pour des viscosités de produit comprises entre 50 et environ 500 mPas.

Divers éléments de mélange statique peuvent être installés dans les multitubes en fonction de l'application de transfert de chaleur. Ces éléments augmentent le transfert de chaleur du produit à la paroi du tube, ce qui permet de réaliser des dimensions plus petites que dans un échangeur de chaleur multitube sans éléments de mélange.

Les échangeurs de chaleur multitubulaires ne sont pas adaptés aux processus où le temps de résidence est critique ou aux tâches de refroidissement où la viscosité augmente de manière significative (risque de mauvaise distribution). Le mélangeur / échangeur de chaleur CSE-XR® de Fluitec est recommandé comme alternative pour ces applications.



Echangeur de chaleur multitubes avec éléments de mélange dans les tubes pour un meilleur transfert thermique

## Echangeur de chaleur multitube pour applications stériles

Les échangeurs de chaleur multitubulaires stériles de Fluitec sont la solution parfaite lorsqu'un échangeur de chaleur doit répondre aux exigences sanitaires.

Grâce à sa conception spéciale, l'appareil stérile de Fluitec assure la plus grande séparation possible entre les médias primaires et secondaires, avec un drainage total du côté du produit. Les échangeurs stériles multitubes de Fluitec sont donc idéalement adaptés aux installations NEP ou SEP.

La technique spéciale de traitement de surface, plus les tubes sans soudure avec intérieur électropoli, permet d'obtenir une rugosité de surface de 0,4 µm du côté produit.

Les contraintes thermiques dans l'échangeur de chaleur sont toujours contrôlées par nos soins, afin de garantir une longue durée de vie. Si des contraintes excessives sont constatées, nous équipons l'appareil d'un joint d'expansion. Les échangeurs de chaleur multitube stériles Fluitec sont optimisés thermiquement et adaptés aux besoins de chaque client en utilisant un logiciel avancé. Les spécialistes de Fluitec vous soutiennent au stade du projet en effectuant des calculs par lot pour les procédés sanitaires, de stérilisation, de refroidissement et autres.

Grâce au travail de ces spécialistes hautement qualifiés et à l'utilisation de composants standardisés, nous pouvons offrir nos appareils stériles de qualité supérieure et à des prix compétitifs, bien qu'ils soient construits sur mesure et optimisés thermiquement.




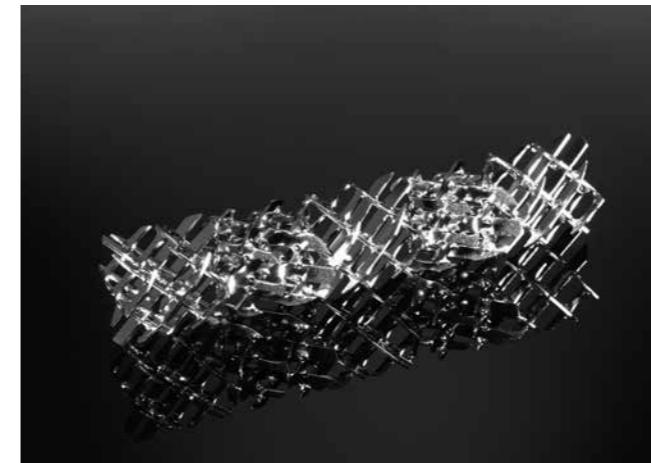
Echangeur de chaleur stérile Fluitec avec double-plaques à tubes

### Caractéristiques du produit

- Double plaque de tubes
- Modèle sans zone morte côté produit
- Etanchéité par joint torique avec certification FDA
- Rugosité maximale des parties en contact avec le produit : Ra 0,4 µm
- Raccords stériles côté produit
- Isolation avec gainage en acier inoxydable (option soudure étanche au gaz)
- Joint d'expansion en option
- Versions à flux unique et à flux multiples
- Montage horizontal ou vertical possible
- Matériaux : 1.4571, 1.4404, 1.4435, 1.4435 BN2 et autres nuances fortement alliées

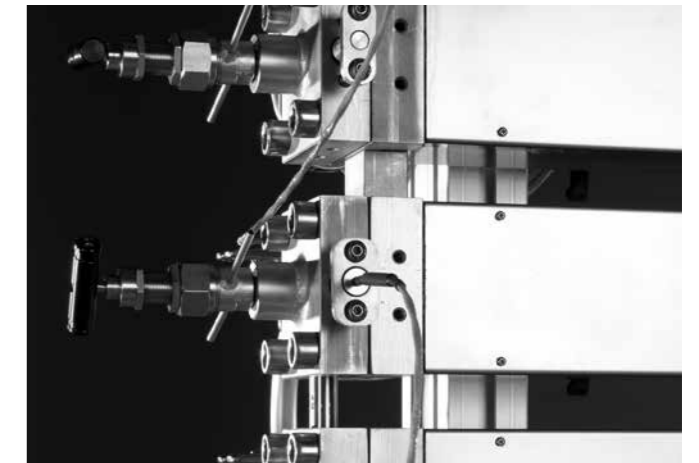


Fiche de renseignement pour Mélangeur/échangeur de chaleur Fluitec					
<b>Contact:</b>		<b>Demande:</b>			
Entreprise: _____	Téléphone: _____	Projet / Demande N: _____			
Nom: _____	Fax: _____	Offre demandée pour le: _____			
Rue: _____	E-mail: _____				
CP / Ville: _____	Pays: _____	Offre Budget suffisante: <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non			
<b>Données de fonctionnement:</b>					
	Unité:	Flux produit		Flux caloporteur (HTM)	
Désignation Fluide	[-]				
Débit minimum:	[m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> ]				
Débit normal:	[m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> ]				
Débt maximum:	[m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> ]				
Perte de charge admissible:	[bar]				
		Entrée	Sortie	Entrée	Sortie
Densité:	[kg m <sup>-3</sup> ]				
Viscosité:	[Pas]				
Capacité thermique	[J kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ]				
Conductivité thermique	[W m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ]				
Température:	[°C]				
Classification fluide: (selon 2014/68/EU)	[-]	<input type="checkbox"/> gaz <input type="checkbox"/> dangereux	<input type="checkbox"/> liquide <input type="checkbox"/> non-dangereux	<input type="checkbox"/> gaz <input type="checkbox"/> dangereux	<input type="checkbox"/> liquide <input type="checkbox"/> non-dangereux
Viscosité du produit à la température d'entrée du flux caloporteur (viscosité de paroi): _____ Pas					
Rhéologie Produit <input type="checkbox"/> Newtonien <input type="checkbox"/> Viscosité intrinsèque → Veuillez joindre un taux de cisaillement/diagramme de viscosité					
<b>Données mécaniques:</b>				<b>Remarque:</b>	
Faisceau de mélangeurs:	<input type="checkbox"/> Non démontable	<input type="checkbox"/> Démontable		<input type="checkbox"/> Modèle standard	
Code de construction	<input type="checkbox"/> AD2000	<input type="checkbox"/> ASME	<input type="checkbox"/> _____		
Raccordements chambre produit:	<input type="checkbox"/> Bride EN1092	<input type="checkbox"/> Bride ANSI	<input type="checkbox"/> Extrémité libre du tube	<input type="checkbox"/> _____	
Raccordements chambre HTM:	<input type="checkbox"/> Bride EN1092	<input type="checkbox"/> Bride ANSI	<input type="checkbox"/> Extrémité libre du tube	<input type="checkbox"/> _____	
Diamètre nominal planifié du raccordement:	Connexion produit DN _____		Connexion HTM DN _____		
Matériau en contact avec le produit:	<input type="checkbox"/> 1.4571 / 1.4404	<input type="checkbox"/> 1.4301 / 1.4307	<input type="checkbox"/> 1.4462	<input type="checkbox"/> _____	
Matériau pas en contact avec le produit:	<input type="checkbox"/> 1.4571 / 1.4404	<input type="checkbox"/> 1.4301 / 1.4307	<input type="checkbox"/> 1.4462	<input type="checkbox"/> _____	
Chambre produit:	Pression max. admissible: _____ bar	Température max. admissible: _____ °C			
Chambre HTM:	Pression max. admissible: _____ bar	Température max. admissible: _____ °C			
Longeur/position de montage maximale:	<input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Oui → _____ mm	<input type="checkbox"/> Vertical	<input type="checkbox"/> Horizontal		
<b>Remarques:</b>	<b>Documentation: (si nécessaire)</b>				
	<input type="checkbox"/> Dessin / Nomenclature	<input type="checkbox"/> Liste attestation des matériaux			
	<input type="checkbox"/> Plan de soudage	<input type="checkbox"/> Plan d'inspection et de control			
	<input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> _____			



## Mélange statique

Solutions en technologie de mélange statique



## Technologie de réaction en-ligne

Systèmes de réaction modulaires de Milli à Maxi



## Systèmes

Systèmes DeNOx, installations de mélange et de dosage



[www.fluitec.ch](http://www.fluitec.ch)

Vous trouverez d'autres informations sur notre page web



## Suisse

**Fluitec**  
mixing + reaction solutions AG  
Seuzachstrasse 40  
CH-8413 Neftenbach  
Suisse

T + 41 52 305 00 40  
F + 41 52 305 00 44

## Deutschland

**Fluitec Deutschland GmbH**  
Auf der Heide 41  
DE - 58313 Herdecke

T + 49-2330-916 76 76

info@fluitec.ch  
www.fluitec.ch

