

# programme technique

## ► Installations de cristallisation

*Les installations de pied de cuite BMA,  
les appareils à cuire discontinus,  
les installations de cuite continue (VKT)  
et les cristalliseurs refroidisseurs  
sont utilisés dans le monde entier  
dans les sucreries  
de betteraves et de cannes  
ainsi qu'en raffinerie,  
pour cristalliser le sucre de  
manière optimale  
et dans des conditions  
économiques*



**BMA** 



# Cristallisation du sucre

## Fondements

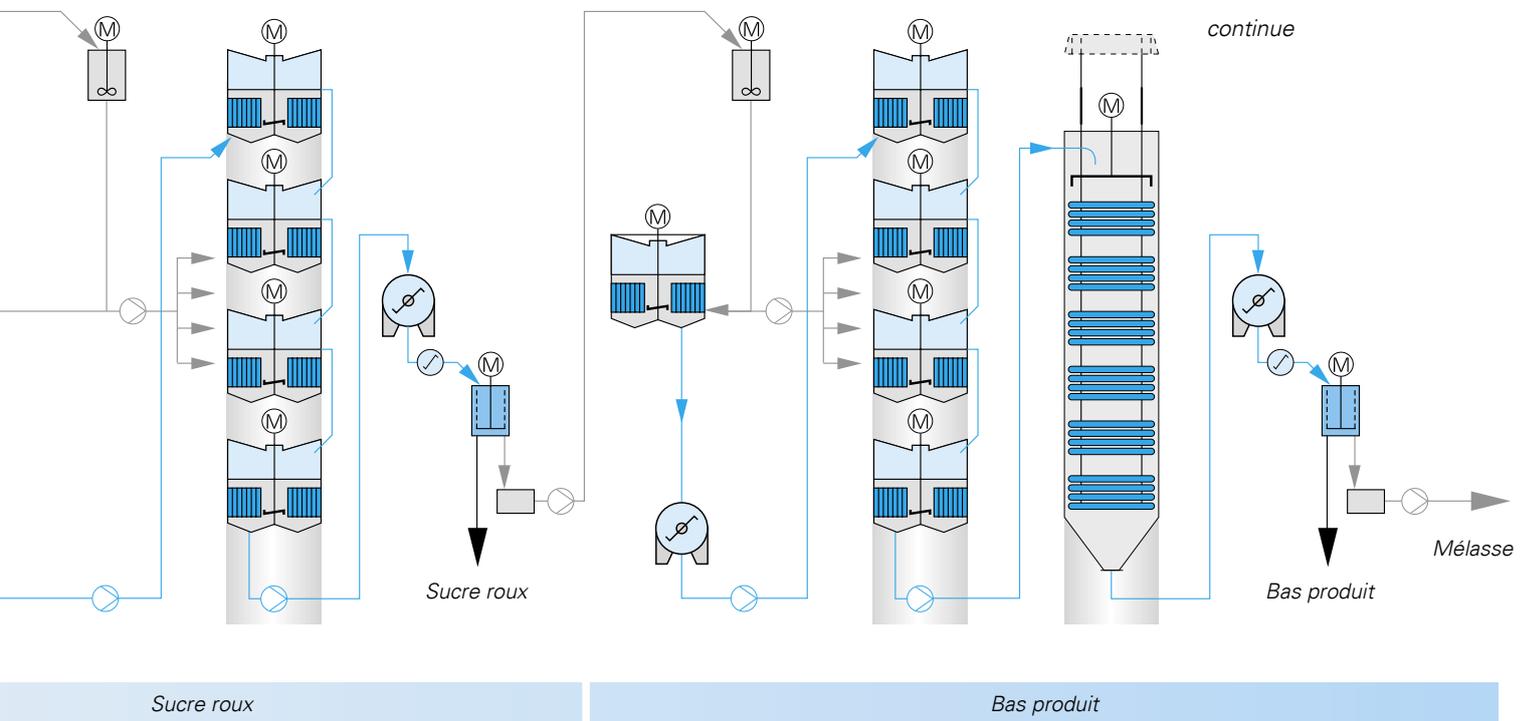
La cristallisation du sucre est l'opération technologique décisive pour extraire le saccharose contenu en solution dans le jus concentré. Le dessucrage d'une solution qui, techniquement, est réalisable en une seule étape de cristallisation, est limité par le contenu de cristaux dans la masse cuite. Plusieurs étapes de cristallisation sont donc nécessaires. Le rendement en sucre est déterminé de manière décisive par la pureté de la mélasse obtenue. Il dépend en premier lieu de la bonne qualité de la cristallisation, surtout lors de la dernière étape, et des conditions de saturation.

Le processus physique de la cristallisation permet de réaliser une excellente séparation du sucre et des non-sucre. Ceci est soumis à un processus de cristallisation bien maîtrisé et caractérisé par la production d'une masse cristalline à faible pourcentage de conglomérés et de faux grains. Ceci assure un rendement élevé dans chaque étape de

cristallisation. Jusqu'à dans les années 80 du 20<sup>ème</sup> siècle, la cristallisation par évaporation du sucre s'est réalisée presque exclusivement dans des appareils discontinus. L'utilisation d'agitateurs mécaniques dans les appareils à cuire discontinus a permis d'obtenir une première amélioration de la qualité du sucre, mais a également permis de réduire la consommation énergétique lors de la cristallisation. Le processus de cristallisation passe toutefois par un grand nombre de stades de processus différents. Pendant la phase de formation des cristaux, un appareil à cuire à petite surface de chauffe est en principe nécessaire, la capacité évaporatoire devant être adaptée à la faible capacité de cristallisation pendant cet état de processus. A la fin du processus, la surface de chauffe disponible ne suffit souvent pas pour atteindre la capacité évaporatoire souhaitée. Cependant, un appareil discontinu est étudié pour un état de service moyen.

L'introduction du procédé de pied de cuite, réalisé dans des installations de pied de cuite spéciales, a apporté le progrès décisif dans la production d'une masse cristalline régulière et pauvre en conglomérés. La phase de formation des cristaux a été séparée du processus normal et concentrée dans la production du pied de cuite.

Mais le développement technologique décisif dans la cristallisation du sucre a été la mise au point de la cristallisation par évaporation continue. C'est elle qui a permis de réaliser de nouveaux concepts quant au bilan thermique et à la configuration de l'atelier de cristallisation, associés à une nette réduction de la consommation d'énergie primaire.



## Tailles de construction standard des appareils à cuire discontinus

Diamètre	mm	3.200	3.600	4.000	4.400	4.800	5.200	5.600	6.000
Volume utile	m <sup>3</sup>	25,6	32,7	40,9	49,9	60	70,9	82,9	96,2
Surface de chauffe	m <sup>2</sup>	193	247	319	385	468	546	636	745

Le mode de construction des appareils à cuire BMA modernes est le résultat de plus de 100 années d'expérience acquise dans l'étude et la construction d'appareils à cuire discontinus et de l'application des connaissances obtenues sur les appareils à cuire continus de BMA (VKT).

### Avantages et caractéristiques :

- Puits central
- Tubes de chauffe intégrés par soudage avec une distance des ponts entre les tubes de chauffe de <10 mm (possibilité d'installer des surfaces de chauffe plus grandes)
- Dégazage du faisceau et évacuation des eaux condensées optimaux
- Agitateurs mécaniques, adaptés au faisceau, au puits central, à la forme du fond de l'appareil et au cas d'application spécifique
- Fond de sortie favorisant l'écoulement (pas de zones mortes)

- Volume initial <30%
- Bas niveau de masse cuite au-dessus du faisceau
- Bonne qualité des cristaux même en cas de grandes tailles de construction (CV 25 à 30%)
- Dessucrage efficace des vapeurs

Aujourd'hui, BMA construit des appareils à cuire discontinus pour la production de tous les jets de cristallisation en sucrerie de betteraves et de cannes ainsi qu'en raffinerie. Les appareils sont fabriqués en acier ordinaire ou bien partiellement ou complètement en acier inoxydable.

L'industrie sucrière passe certes de plus en plus à la cristallisation continue du sucre, mais les appareils à cuire discontinus resteront toutefois nécessaires à l'avenir, pour la production du pied de cuite par exemple.

*Appareils à cuire discontinus pour sucre blanc 1 et 2*



# Installations de pied de cuite

L'exigence technologique et économique visant à la production d'une masse cristalline pauvre en congglomérés et en grains fins n'est que difficilement réalisable en cristallisation par évaporation, si le grainage se fait avec de l'amorce préparée (slurry). En raison de la surface globale trop petite des cristaux de slurry, il se produit, pendant la phase de formation des cristaux, une augmentation indésirable de la sursaturation au-delà de la zone métastable, parce que, dans cette phase, le grossissement des cristaux ne suit pas l'allure de concentration de la solution.

La formation de germes secondaires, mais avant tout la formation de congglomérés, entraînent une dégradation de la qualité du produit. En outre, une grande partie des cristaux de slurry ajoutés est redissoute en raison du profil de sursaturation irrégulier dans un appareil à cuire conventionnel. L'ensemencement, phase délicate en cristallisation, est toutefois d'une importance décisive pour la qualité du produit fini. Pour rendre cette phase mieux contrôlable, il s'est avéré favorable de la séparer dans l'espace et dans le temps du processus de la cristallisation par évaporation.

## Tailles de construction standard des cristalliseurs refroidisseurs pour pied de cuite

Volume utile	m <sup>3</sup>	2,1	4,2	5,0	6,8	10,0	15,0
Diamètre	m	1,4	1,8	2,0	2,0	2,4	2,6
Hauteur totale max.*	m	4,4	5,3	6,0	6,0	6,3	7,2
Surface de refroidissement	m <sup>2</sup>	11,3	19,0	21,0	27,0	44,0	61,0

\* l'agitateur inclus

### Préparation du pied de cuite 1

La première étape du procédé de pied de cuite a lieu dans un cristalliseur refroidisseur équipé d'un agitateur spécialement étudié pour un gradient de cisaillement élevé. Le bas niveau de température et la sursaturation clairement définie se traduisent par une croissance régulière des cristaux de slurry introduits sans formation de congglomérés.

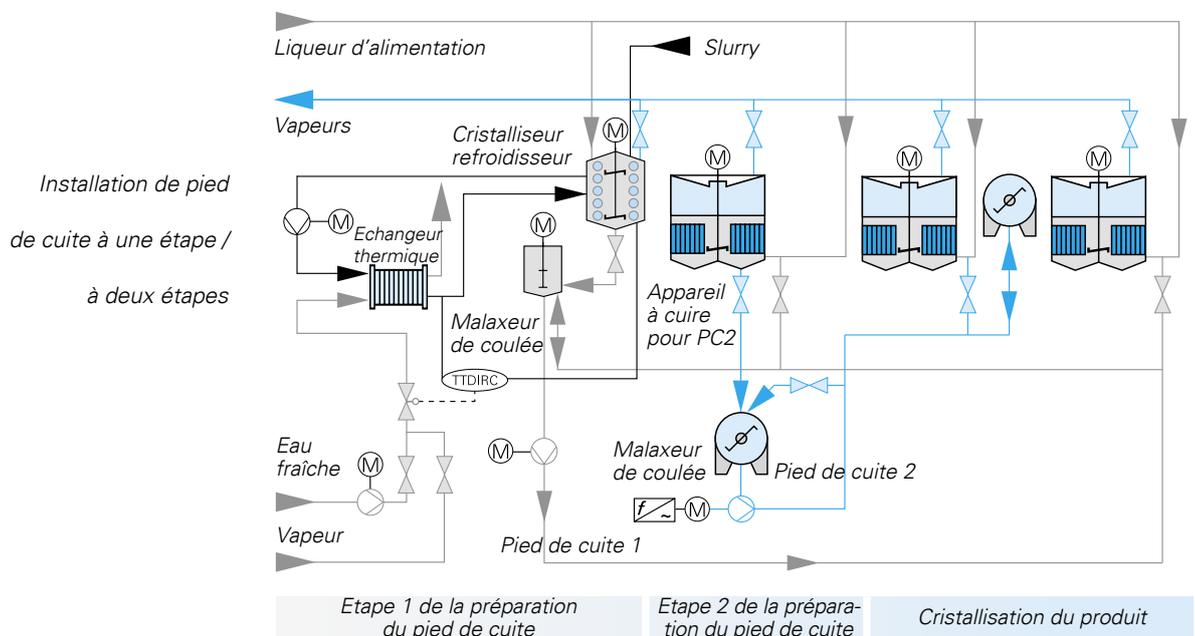
Dans une première étape, le sirop utilisé (de préférence du jus dense) est concentré par évaporation dans le cristalliseur refroidisseur jusqu'à ce qu'il présente la matière sèche voulue. Ensuite, le sirop concentré est refroidi. Une fois la sursaturation de 1,1 atteinte, la quantité de slurry nécessaire est introduite. Le refroidissement lent de la suspension se poursuit jusqu'à une température d'environ 30 °C. Le gradient de refroidissement est réglé à l'aide de la différence de

température entre la masse cuite et l'eau de refroidissement, et la sursaturation à respecter au cours du processus de la cristallisation par refroidissement est ainsi adaptée.

Une fois atteinte la granulométrie moyenne d'env. 0,08 à 0,11 mm (suivant l'exigence) à un contenu en cristaux d'environ 20 % à la fin du refroidissement, le pied de cuite 1 est déchargé dans le malaxeur.

Si la cristallisation se fait en discontinu, le pied de cuite 1 peut être utilisé directement comme pied de cuite dans les appareils à cuire, jusqu'à une granulométrie moyenne du produit d'environ 0,5 mm.

Pour des granulométries de produit moyennes supérieures à 0,5 mm et, d'une manière générale, pour la cristallisation continue, le pied de cuite 2 est produit dans une deuxième étape dans des appareils à cuire discontinus.





VKT

### Préparation du pied de cuite 2

Dans la deuxième étape de la production de pied de cuite, une masse cristalline d'une granulométrie moyenne d'env. 0,3 à 0,5 mm est produite dans des appareils à cuire discontinus. Une installation optimale dispose d'un agitateur pouvant produire un gradient de cisaillement élevé. Si de nouveaux appareils à cuire discontinus sont utilisés à cette fin, ils seront conçus de manière optimale pour la production de pied de cuite 2.

La liqueur d'alimentation est concentrée jusqu'à une sursaturation d'environ 1,1, moment où le point d'ensemencement est atteint, et le magma de pied de cuite 1 est alimenté en l'espace de temps le plus court possible. Après une courte phase d'homogénéisation pendant laquelle s'effectue un équilibrage de la température, la phase de montée de la cuisson peut commencer immédiatement. Lorsque la montée de la cuisson est terminée, le pied de cuite 2, d'un contenu de cristaux de 45 à 50%, est déchargé dans le malaxeur de coulée. Dans le cas d'une cristallisation discontinue du produit, le pied de cuite 2 est pompé directement dans un deuxième malaxeur de pied de cuite surélevé.

Il est ainsi possible d'alimenter la quantité nécessaire de pied de cuite 2 dans les appareils à cuire réservés à la masse cuite. S'il s'agit d'appareils à cuire de fonctionnement

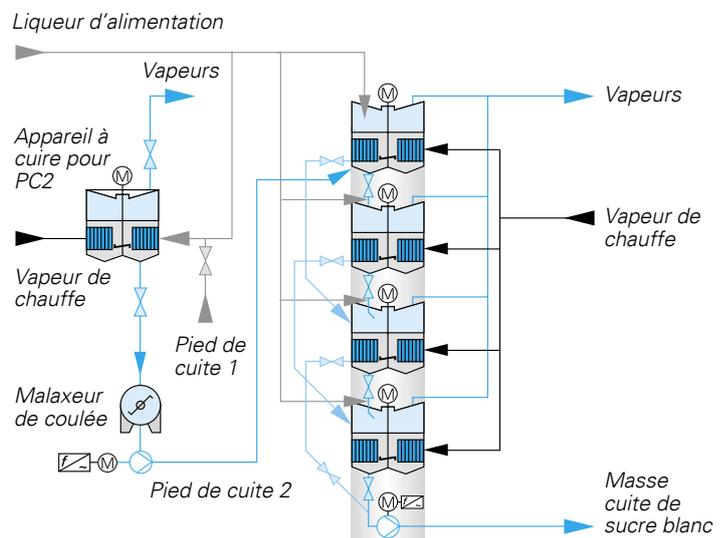
continu, la quantité requise de pied de cuite 2 y est alimentée.

En réglant les quantités de slurry et de pied de cuite de manière correspondante, il est possible de faire varier la granulométrie moyenne du sucre blanc au choix entre 0,5 et env. 1 mm. Dans le cas du sucre roux, on souhaite normalement obtenir 0,4 à 0,5 mm dans la masse cuite, dans le cas du bas produit env. 0,3 à 0,35 mm.

### Avantages :

- Gestion du processus bien maîtrisable grâce à la cristallisation se limitant aux phases de montée de la cuisson et du serrage
- Excellente qualité du produit associée à une bonne essorabilité de la masse cuite
- Emploi de liqueurs d'alimentation à matière sèche élevée sans ajout d'eau, même dans le cas de solutions à pureté élevée
- Emploi optimal du clairçage au sirop et réduction de la quantité d'eau de clairçage dans les centrifugeuses
- Réduction de la consommation de vapeur dans l'atelier de cristallisation grâce aux avantages mentionnés ci-dessus
- Souplesse quant à l'implantation de l'installation de pied de cuite 1
- Adaptation optimale aux exigences du produit

Schéma: VKT de sucre blanc  
avec production  
de pied de cuite



Etape 2 de la préparation  
du pied de cuite

VKT de sucre blanc

# Cristallisation par évaporation continue

Le VKT BMA (le sigle VKT est formé à partir des premières lettres de Verdampfungs-Kristallisationsturm, terme allemand dont la traduction est « tour de cristallisation par évaporation ») se base sur un principe de construction qui a fait ses preuves : le compartiment de cristallisation cylindrique vertical des appareils à cuire discontinus. Il permet entre autres l'utilisation d'agitateurs mécaniques qui assurent une circulation et un brassage parfaits de la masse cuite. Le VKT se compose de compartiments de cristallisation superposés. Il s'agit donc d'une cascade de chaudières à agitateur, le courant de masse cuite passant gravitairement du compartiment supérieur au compartiment inférieur. La circulation forcée, combinée aux bas niveaux de masse cuite, permet d'utiliser de la vapeur de chauffe à très faible tension étant donné que la charge hydrostatique de la colonne de masse cuite est considérablement plus faible dans un appareil de fonctionnement continu que dans un appareil à cuire conventionnel.

## Types de construction

La version préférée d'un VKT est un appareil à quatre compartiments superposés. Il peut être utilisé pour tous les produits de sucre, comme p. ex. le sucre blanc des catégories 1 et 2 (raffinée et qualité standard), le sucre roux et le bas produit, ceci aussi bien en sucrerie de betteraves et de cannes qu'en raffinerie. Les appareils pour sucre blanc et pour sucre roux sont dotés de conduits

de by-pass qui permettent de by-passer un compartiment individuel lors du nettoyage. L'exécution de l'appareil à 4 compartiments peut être telle qu'un 5<sup>ème</sup> compartiment puisse être rajouté postérieurement en vue d'augmenter la capacité. Les VKT pour bas produit, tout comme ceux pour sucre roux sont équipés d'un système de débordement situé à l'extérieur de l'appareil.

Si un atelier existant, équipé d'appareils à cuire discontinus en bon état, doit être utilisé pour introduire le mode de fonctionnement continu, une disposition horizontale (VKH) en cascade est également possible. Tous les appareils à cuire discontinus utilisés pour une telle installation devraient être d'un type de construction similaire et équipés d'un agitateur.

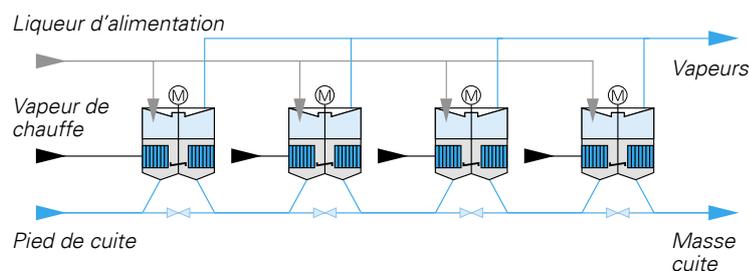
## Mode de fonctionnement

Le pied de cuite, produit dans une installation de pied de cuite spéciale, comme décrit ci-dessus, est introduit dans le premier compartiment de cristallisation. La liqueur d'alimentation est alimentée en continu dans tous les compartiments. Les mélanges entre les différents compartiments sont exclus. Le contenu de matière sèche de la masse cuite, et donc le contenu en cristaux, augmente de compartiment en compartiment et atteint

la valeur maximale dans le dernier compartiment. Dans le dernier compartiment d'un VKT pour bas produit, on peut régler le rapport optimal de non-sucre/eau pour la cristallisation par refroidissement suivante.

Dans un VKT, l'état de service de chaque compartiment est réglé individuellement ce qui permet un fonctionnement continu fiable. Il en résulte les avantages technologiques suivants :

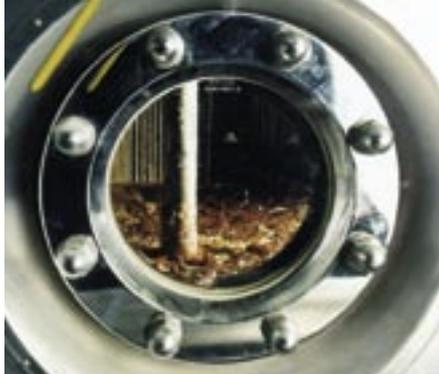
- Prélèvement de vapeur régulier dans l'atelier des évaporateurs
- Alimentation de liqueur d'alimentation régulière
- Production de vapeurs et charge du condenseur régulières
- Production de masse cuite régulière



Système de cristallisation

par évaporation

horizontal (VKH)



Un coup d'oeil dans  
un compartiment  
de VKT

Une cristallisation efficace se reflète surtout dans le rendement de l'essorage. Elle est étroitement liée à la qualité des cristaux et le contenu en cristaux qui sont atteints pendant la cristallisation. Avec le brassage mécanique de la masse cuite dans des appareils à cuire d'une géométrie optimale du point de vue hydrodynamique, on produit une masse cristalline qui se distingue par son faible pourcentage de cristaux fins et de conglomerés. Dans la masse cuite de sucre blanc, des contenus en cristaux de jusqu'à 55% sont atteints. Ceci se traduit par des rendements d'essorage d'environ 50%. En cas d'absence de circulation mécanique, de telles valeurs ne peuvent pas être atteintes, même pas par des injections de vapeur qu'on applique dans la pratique comme aide à la circulation.

En raison de la dispersion des temps de séjour, il survient, dans la cristallisation continue, un léger élargissement de la dispersion granulométrique dans la zone des cristaux de taille majeure. Dans la pratique, les valeurs de régularité sont donc un peu plus élevées que dans le cas d'un fonctionnement discontinu comparable. Mais la qualité du produit se doit avant tout à la qualité et la quantité de pied de cuite alimenté proportionnellement au flux de produit.

### Régulation

La régulation d'un appareil à cuire continu est considérablement plus simple que celle d'un appareil discontinu, étant donné qu'il s'agit seulement de régulations de maintien. Les principaux paramètres de processus à contrôler sont :

- Pression de la vapeur de chauffe
- Pression des vapeurs
- Etat de la masse cuite (matière sèche)
- Quantité de la liqueur d'alimentation
- Rapport liqueur d'alimentation/pied de cuite
- Niveau de masse cuite (uniquement pour le sucre blanc)

### Concept de régulation d'un VKT pour sucre blanc

L'état de masse cuite, c'est-à-dire la matière sèche de la masse cuite de tous les 4 compartiments, est réglé par le débit de la liqueur alimentée. Le système de mesure utilisé dans la plupart des cas est une mesure à micro-ondes. Les gamma-densimètres sont également toujours en service. Le flux volumique de la liqueur d'alimentation est mesuré à l'aide de débitmètres inductifs et réglé suivant la consigne exigée par la régulation de l'état de la masse cuite (régulation en cascade).

Le total des quantités de liqueur d'alimentation mesurées détermine l'apport de pied de cuite dont le débit est proportionnel au débit de la liqueur d'alimentation.

Les pressions de vapeur de chauffe et des vapeurs sont réglées séparément pour les quatre compartiments. Ceci permet un service optimal ainsi qu'une coupure de chaque compartiment individuel du reste du système afin d'effectuer le lavage. Le débit du VKT est réglé uniquement par la modification des valeurs de consigne de la pression de vapeur de chauffe.

Le niveau de masse cuite est mesuré dans chaque compartiment et maintenu constant moyennant la régulation de son écoulement à travers les vannes à masse

cuite situées dans les conduits de passage de masse cuite et, dans le compartiment 4, moyennant la vitesse de la pompe à masse cuite.

### Concept de régulation d'un VKT pour sucre roux ou pour le bas produit

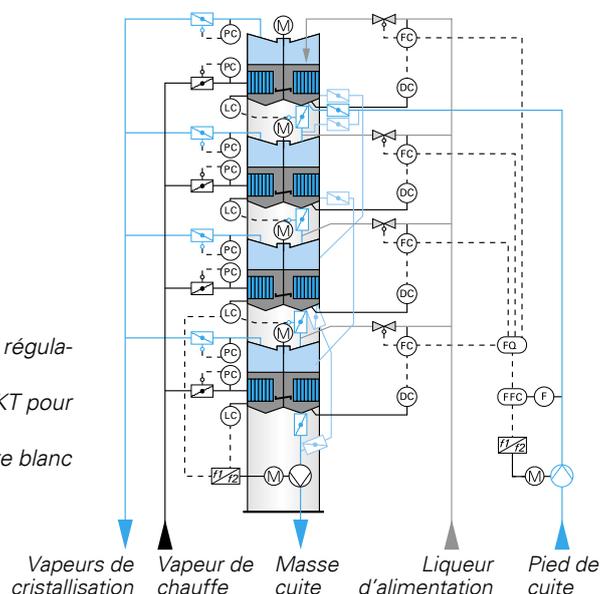
Les compartiments 1 à 3 d'un VKT pour sucre roux ou pour bas produit étant moins sensibles à l'encrassement, ils sont dotés d'un conduit de débordement de masse cuite situé à l'extérieur. Les régulations de niveau ne sont alors pas nécessaires.

Etant donné que dans le cas d'un VKT pour bas produit la pureté influe beaucoup sur l'élévation du point d'ébullition, il est également possible d'employer une mesure de température pour déterminer l'état de la masse cuite. Ceci est soumis à la présence d'un vide stable et réglé avec précision ainsi qu'à une pureté constante de la liqueur d'alimentation.

### Nettoyage

Un appareil à cuire continu doit être disponible pendant toute la campagne sans qu'il soit nécessaire d'arrêter l'installation complète. Il est connu que, surtout dans le cas de masses cuites de pureté élevée, les incrustations ne peuvent jamais être complètement évitées.

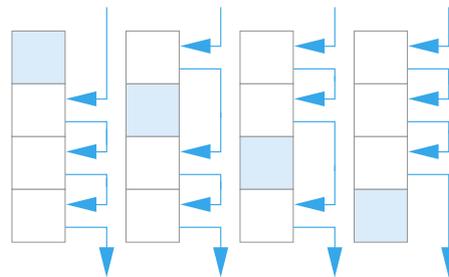
Schéma de régulation d'un VKT pour sucre blanc



De nombreuses mesures constructives ont été mises au point pour éviter la formation d'incrustations, comme par exemple le revêtement des parois en contact avec la masse cuite par des membranes de tôles minces en acier inoxydable dans les appareils travaillant les produits de pureté élevée. Les membranes vibrent légèrement, repoussant ainsi les incrustations naissantes. Pour le nettoyage des compartiments de cristallisation, il faut un système qui permette de réaliser le nettoyage sans interrompre le processus de cristallisation.

Le mode de construction verticale du VKT répond de manière idéale à cette exigence. Comme il est possible de by-passer un compartiment, celui-ci peut être séparé du processus à des fins de nettoyage tandis que les autres restent en service.

Le VKT est ainsi disponible pendant toute la campagne, même dans le cas de produits d'une pureté de masse cuite supérieure à 94%. Le temps de fonctionnement d'un VKT à 4 compartiments entre deux arrêts pour lavage est de 15 à 20 jours pour les appareils de sucre blanc, de 20 à 30 jours pour ceux de sucre roux et de 45 à 60 jours pour ceux de bas produits.



*Processus de lavage  
en représentation  
schématique*

*VKT pour bas  
produit*



### Avantages et caractéristiques :

- Utilisation convenant pour toutes les étapes de cristallisation en sucrerie de betteraves et de cannes et en raffinerie
- Circulation optimale de la masse cuite grâce à des agitateurs mécaniques dans des chaudières cylindriques verticales à agitateur se basant sur le principe de construction bien éprouvé des appareils à cuire discontinus
- Marche régulière grâce à l'alimentation et l'évacuation continues des flux massiques
- Adaptation optimale des compartiments de cristallisation individuels et des agitateurs aux différents stades du processus
- Fonctionnement sans problème et contrôle aisé du processus grâce à la régulation de maintien
- Teneur en cristaux élevée, donc rendement élevé
- Faible sensibilité à l'encrassement grâce au savoir-faire appliqué à l'étude et à la construction des compartiments de cristallisation, de longues périodes de marche entre deux arrêts pour lavage, même dans le cas de produits de pureté élevée
- Disponibilité permanente de la VKT pendant toute la campagne grâce au concept de nettoyage spécial

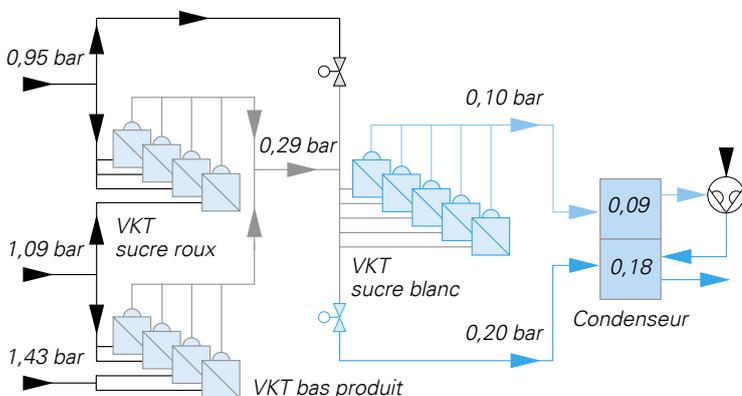
### Tailles de construction standard des appareils à cuire continu (VKT)

Diamètre	mm	3.200	3.600	4.000	4.400	4.800	5.200	5.600	6.000
Volume utile (env.)	m <sup>3</sup>	62,1	79,7	101	124	150	178	208	243
Surface de chauffe	m <sup>2</sup>	772	988	1.276	1.540	1.872	2.184	2.544	2.980

- Utilisation de vapeur de chauffe à faible tension
- Possibilité de réaliser des configurations de circuits économiques en énergie, comme par exemple l'évaporation avec double utilisation des vapeurs et la compression des vapeurs dans l'atelier de cristallisation
- Aucune difficulté lors de la mise en service et mise hors service
- Adaptation rapide et aisée de la capacité de traitement aux variations des conditions de service dans l'usine
- Les arrêts prolongés n'exigent pas la vidange de la masse cuite des compartiments, même s'il s'agit de masses cuites de pureté élevée
- Augmentation de capacité facile grâce à la possibilité de rajouter un compartiment de cristallisation
- Implantation à l'intérieur et à l'extérieur du bâtiment, à faible encombrement au sol
- Pose sur des fondations ne nécessitant pas de structure métallique

### Concepts énergétiques modernes avec un VKT

Grâce à la construction spéciale des compartiments du VKT, au niveau bas de la masse cuite au-dessus du faisceau et à l'utilisation d'agitateurs mécaniques dans chaque compartiment de cristallisation, il est possible de faire travailler le VKT sans problème à une différence de température très faible entre la vapeur de chauffe et la masse cuite et à des pressions de vapeur de chauffe très inférieures à 1 bar. Il existe ainsi de nombreuses possibilités pour la réalisation de circuits économiques en énergie grâce à l'utilisation optimale du VKT. Parmi ces possibilités, l'évaporation avec double utilisation des vapeurs dans la cristallisation qui permet de réduire la consommation de vapeur dans l'atelier de cristallisation, et donc dans l'usine entière, de 3 à 4% sur betterave. Le principe de l'évaporation avec double utilisation des vapeurs consiste à utiliser une partie des vapeurs de cristallisation, par exemple pour le chauffage d'un VKT pour sucre blanc, donc d'économiser la vapeur de chauffe du poste d'évaporation qu'on aurait dû utiliser normalement pour cette opération. Lorsque la condensation est adaptée de manière optimale, il reste assez de chaleur pour le réchauffement du jus brut qui se fait habituellement avec une partie des vapeurs de cristallisation.



*Cristallisation avec évaporation avec double utilisation des vapeurs*

Evaporation avec double  
 utilisation des vapeurs :  
 un concept énergétique  
 moderne

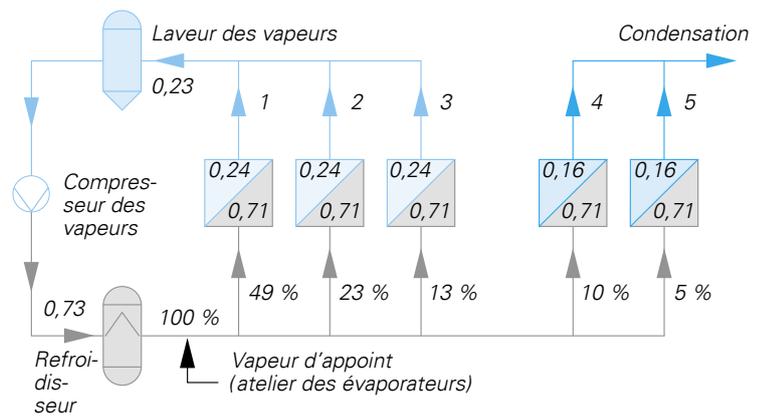


L'utilisation économique de compresseurs de vapeurs mécaniques pour comprimer les vapeurs de cristallisation est également possible lorsque l'usine travaille avec un VKT et de la vapeur de chauffe à faible tension. La cristallisation avec des appareils à cuire conventionnels, qui ont besoin d'une pression de vapeur de chauffe élevée, exige l'utilisation d'un compresseur de vapeurs ayant un rapport de compression important de 6:1 avec, par conséquent, une consommation de courant électrique également élevée. Le travail avec un VKT en revanche, qui ne demande qu'une vapeur de chauffe et des vapeurs de cristallisation de faible tension, soit 0,71 et 0,24 bar respectivement, un rapport de compression de 3 : 1 à 2,5 : 1 est suffisant, ce qui se traduit par un compresseur moins coûteux.

Surtout en raffinerie, les vapeurs peuvent être soumises à une thermocompression. Les vapeurs de cristallisation des appareils à cuire discontinus sont comprimées à l'aide d'un thermocompresseur qui porte leur pression de 0,2 bars à 0,3 bar environ.

Pour ce faire, la vapeur d'échappement des turbogénérateurs de 3,0 bars peut être utilisée comme vapeur motrice. Les vapeurs comprimées servent de vapeur de chauffe pour un VKT de BMA pour sucre raffiné qui fonctionne avec une pression de vapeurs de 0,1 bar.

Fonctionnement combiné d'un VKT et d'appareils à cuire discontinus avec compression des vapeurs



- 1 VKT sucre blanc
- 2 VKT sucre roux
- 3 Appareil à cuire pour pied de cuite
- 4 VKT bas produit
- 5 Appareil à cuire pour pied de cuite pour sucre roux et bas produit



# Cristalliseur refroidisseur vertical avec faisceau tubulaire de refroidissement oscillant

La cristallisation, et donc l'épuisement de l'eau mère dans le bas produit, est réalisée en deux étapes consécutives.

La première étape est la cristallisation par évaporation où une réduction de la pureté de l'eau mère d'environ 15 points est obtenue et où sont produits environ 85 % de la masse cristalline du bas produit. Ensuite, la masse cuite de bas produit est refroidie tout en maintenant un rapport non sucre/eau le plus constant possible.

L'objectif est d'extraire un maximum de saccharose de l'eau mère en poursuivant le grossissement des cristaux déjà existants. Etant donné qu'il s'agit de la dernière étape d'épuisement de la masse cuite dans le processus de la fabrication du sucre, la cristallisation par évaporation revêt une importance particulière, car des fausses manoeuvres dans la gestion du processus se traduisent inévitablement par des pertes de sucre dans la mélasse.

Le processus de cristallisation par refroidissement doit être optimisé selon les paramètres choisis. La vitesse de cristallisation à laquelle le saccharose peut se séparer de l'eau mère dépend surtout de la sursaturation et de la température de l'eau mère. La masse de saccharose cristallisée par unité de temps est toutefois résultat du produit de la surface des cristaux et de la vitesse de croissance des cristaux. La surface des cristaux est déterminée par le contenu en cristaux et la taille des cristaux.

Le contenu en cristaux est limité par la viscosité maximale possible ; la granulométrie a une influence décisive sur le travail des centrifugeuses. L'épuisement pouvant être atteint en absolu à température finale égale dépend des conditions spécifiques de saturation. Il augmente avec l'augmentation du rapport non sucre/eau et avec la baisse de la sursaturation résiduelle. En pratique, il faut cependant s'attendre plutôt à des sursaturations résiduelles croissantes lorsque les rapports de non sucre/eau augmentent, sauf si l'on augmente en même temps le temps de séjour.

L'expérience acquise dans des ateliers de bas produit modernes et des recherches faites par la Chaire pour la technologie des hydrates de carbones à l'Institut de chimie technique de l'Université Technique de Braunschweig (Institut Sucrier) ont montré qu'en sucrerie betteravière, la plage de processus optimale présente un rapport non sucre/eau de 3,8 à 4,0. Mais dans ces conditions, les viscosités augmentent à tel point qu'il est judicieux de contrôler tous les équipements de l'atelier.

La courbe de température, le temps de séjour et la dispersion du temps de séjour sont des paramètres sur lesquels on peut influencer par la conception du matériel. La vitesse de la diminution de température de la masse cuite doit être adaptée à la vitesse de croissance des cristaux. Sinon, il y a risque d'une augmentation trop forte de la sursaturation de l'eau mère ce qui entraînerait la formation de grains fins. En pratique, la valeur de la vitesse de refroidissement caractérisant le bon dimensionnement de matériel est d'environ 1 K/h.

## Types de construction

Lors du développement de ses cristalliseurs refroidisseurs pour des masses cuites de bas produit, BMA a pris en compte tous les fondements théoriques décrits ci-dessus et a mis au point des cristalliseurs permettant de refroidir sans problème des masses cuites à viscosité élevée jusqu'à une température finale de 40°C, même si le ratio non sucre/eau est de  $\geq 4$ . Les cristalliseurs refroidisseurs BMA sont utilisés avec succès tant en sucrerie de betteraves qu'en sucrerie de cannes. Aujourd'hui, les cristalliseurs refroidisseurs BMA sont réalisés exclusivement en construction verticale.



La série des photos montre le mouvement



vertical des tubes d'eau de refroidissement à la surface de la masse



cuite avant le refroidissement (niveau abaissé)

*Cristalliseur  
refroidisseur d'un  
volume net  
de 600 m<sup>3</sup>*



### Tailles standard des cristalliseurs refroidisseurs avec tubes de refroidissement oscillants

Volume utile	m <sup>3</sup>	220	300	340	400	467	533	600	667
Hauteur cylindrique	m	15,5	19,5	21,5	24,7	27,5	30,1	33,5	36,4
Surface de refroidissement min.	m <sup>2</sup>	406	406	580	580	638	754	870	870
Surface de refroidissement max.	m <sup>2</sup>	406	580	638	754	870	986	1.102	1.218

Le succès de ce cristalliseur refroidisseur est dû au principe de conception suivant : Le système de refroidissement est constitué d'éléments-blocs de refroidissement standardisés, dans lesquels l'eau de refroidissement coule en guidage forcé en contre-courant à la masse cuite. L'ensemble du système de refroidissement oscille sur 1m dans le sens vertical. Ceci, combiné à la disposition symétrique des tubes de refroidissement, assure une dispersion du temps de séjour et un refroidissement optimal de la masse cuite. La vitesse de levage du système de refroidissement est variable en deux étapes. L'entraînement est assuré par six vérins hydrauliques, répartis de manière symétrique sur le couvercle du cristalliseur refroidisseur.

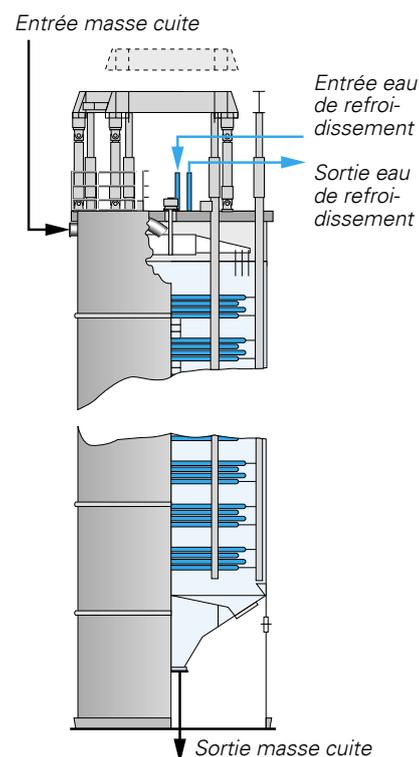
Il est possible de grouper les éléments-blocs de refroidissement moitié-moitié en deux groupes qui sont connectables et déconnectables séparément. Dans ce type de construction, la masse cuite avance toujours de haut en bas. La masse cuite alimentée est répartie uniformément sur toute la section du cristalliseur grâce à un répartiteur en rotation lente. Côté masse cuite, le cristalliseur refroidisseur n'a ni roulement ou palier lisse, ni presse-étoupe. L'eau de refroidissement peut être refroidie de nouveau dans une installation de refroidissement installée à part. Mais il y a aussi la possibilité de réaliser ce refroidissement de l'eau dans un refroidisseur à air, monté sur le système de levage et décrivant avec celui-ci les mouvements d'oscillation. Dans ce cas, le circuit d'eau secondaire complet peut être supprimé.

#### Avantages et caractéristiques :

- Rendement élevé grâce à la dispersion du temps de séjour définie
- Excellent effet d'autonettoyage sur les surfaces de refroidissement oscillantes
- Utilisation sans problème même dans le cas de masses cuites à viscosité élevée
- Possibilité de réaliser des unités très grandes; actuellement jusqu'à 1000 t de

contenu net et 1200 m<sup>2</sup> de surface de refroidissement

- Faible encombrement au sol grâce à la réalisation verticale, installation même à l'extérieur, donc pas de coûts de bâtiment
- Bon transfert de chaleur entre la masse cuite et le fluide de refroidissement assuré par le mouvement relatif régulier de la masse cuite sur les tubes de refroidissement.
- Possibilité de réaliser une surface de refroidissement spécifique élevée
- Vérins hydrauliques assurant seuls l'entraînement du système de refroidissement oscillant
- Utilisation de pompes hydrauliques à engrenage intérieur silencieuses à rendement élevé et à usure réduite
- Protection de l'installation par une soupape de limitation de pression hydraulique, donc surcharge impossible
- Puissance d'entraînement spécifique réduite



# Pompes à masse cuite

Les pompes à masse cuite BMA sont parfaitement appropriées pour refouler des masses cuites de viscosité élevée. Des vitesses maxi allant jusqu'à 40 tr/min permettent de réaliser des pressions de refoulement allant jusqu'à 10 bars. Grâce à ces faibles vitesses, l'usure des pompes est minime. BMA construit les types suivants :

Type	Débit m <sup>3</sup> /h
F 150	1 - 10
F 350	5 - 25
F 500	25 - 40
F 800	30 - 65
F 1000	65 - 100

## Avantages et caractéristiques :

- Sécurité de fonctionnement très élevée
- Débit élevé à basse vitesse de piston
- Garniture mécanique sans fuites
- Espace libre entre la garniture d'étanchéité et le carter du roulement empêchant des dommages de roulement et facilitant le contrôle
- Mode de construction permettant un entretien facile
- Faible perte de charge grâce aux tubulures largement dimensionnées
- Refoulement fiable de masses cuites de viscosité élevée
- Bonne accessibilité des éléments constructifs des pompes grâce au logement du piston rotatif en porte-à-faux
- Bon rapport prix/performance

*Cristalliseur refroidisseur  
vertical avec faisceau  
tubulaire de refroidisse-  
ment oscillant*



*Pompe à masse  
cuite F 1000 F*



© Braunschweigische  
Maschinenbauanstalt AG  
Postfach 32 25  
D-38022 Braunschweig  
Allemagne  
Téléphone +49 531 804-0  
Fax +49 531 804-216  
[www.bma-de.com](http://www.bma-de.com)  
[sales@bma-de.com](mailto:sales@bma-de.com)

