

## **2.1 Le processus de dispersion**

L'utilisation principale du disperseur consiste en l'incorporation de particules solides ultrafines dans des milieux liquides provoquant des suspensions colloïdales. Ces dernières sont caractérisées par le fait que les particules solides dispersées à une grande finesse ne peuvent plus se sédimenter en raison du champ de gravité terrestre.

Au cours de ce processus de dispersion, trois réactions simultanées se déroulent: Ce sont:

- le mouillage de la surface des particules solides provoqué par les composants liquides du produit en traitement
- la désagrégation mécanique des particules associées (agglomérats et agrégats) en particules plus fines
- a stabilisation des particules plus fines produites au cours de la dispersion pour empêcher leur réagglomération (appelée aussi communément „floculation“).

Le mouillage des particules solides et leur stabilisation contre la floculation sont déterminés par l'interaction spécifique entre eux et les composants liquides de la substance en traitement.

## **2.2 L'effet dit „doughnut“**

Les meilleurs résultats de dispersion réalisés sur le DISPERMAT® sont obtenus tant par le choix du pot de travail que par celui du procédé de travail. C'est-à-dire qu'un rapport déterminé entre les dimensions du pot et le diamètre, les vitesses périphériques et la profondeur d'immersion du disque ainsi qu'un certain comportement rhéologique des matières à broyer doit être respecté.

Après mélange des composants liquides et des particules solides, le disperseur imprime aux matières à broyer par augmentation de vitesse une circulation fluide, sans aucune turbulence ni zones mortes à l'intérieur du pot. En fonction de ce mouvement il se forme, à la vitesse de rotation idéale, un cratère au fond duquel on distingue le centre du disque. A propos de ce phénomène on parle aussi de l'effet dit „doughnut“.

Ce phénomène dit „doughnut“ indique à l'utilisateur du disperseur, d'une part, que la plus grande puissance mécanique possible est obtenue dans le pot de mélange et, d'autre part, que les matières à broyer sont malaxées complètement de telle sorte que tous les agglomérats puissent entrer en contact avec le disque en rotation du disperseur.

L'effet „doughnut“ se produit lors d'un courant laminaire du disperseur quand la substance à broyer est accélérée de manière tangentielle à l'extérieur du disque. En touchant la paroi du pot, le courant de matières se divise en deux. Celui traversant le fond reflue vers le centre du disque et monte pour le toucher à nouveau. L'autre allant vers le haut forme le cratère visible d'en haut.

La formation de l'effet „doughnut“ est considérablement influencée par la quantité de pigments et de charges ajoutées à la substance de base. Si la teneur en matières solides n'est pas suffisante, la viscosité est trop faible, provoquant ainsi une tendance aux éclaboussures et à la génération de mousse au cours de la dispersion. De plus, en raison de la faible puissance mécanique fournie, le pouvoir de désagglomération du disque est fortement diminué.

Si, par contre, la teneur en solides contenue dans la substance à broyer est trop importante, la viscosité sera trop élevée pour assurer l'effet „doughnut“. Il se forme une limite d'écoulement et la substance à broyer est piquée d'humidité. La conséquence en sera que le disque denté aura tendance à provoquer des „arrachements“ à l'intérieur de la substance et même, dans les cas extrêmes, à tourner dans le vide.

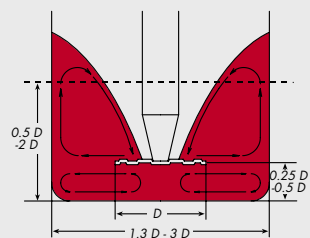


*Conception optimale du disperseur*



*Mauvaise conception du disperseur*

Vitesse périphérique du disque: 18-25 m/s.



## 2.3 L'effet dispersant du disque sur des agglomérats

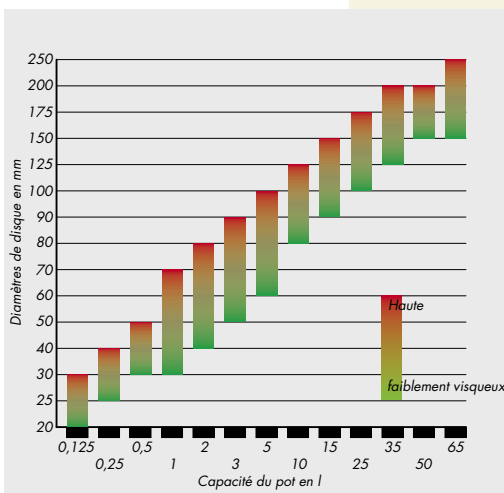
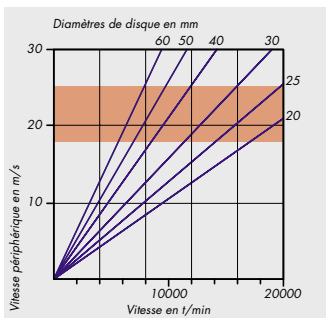
Quand les dents du disque traversent les matières à broyer à grande vitesse, il se produit une pression en amont de celles-ci et une dépression en aval. La contrainte alternée agissant sur les agglomérats dans les zones de haute et basse pression ainsi créées facilite leur dispersion. En outre, les dents du disque pourraient exercer un effet de ricochet sur les agglomérats plus grands.

Une part considérable du travail de dispersion s'effectue cependant sur les faces du disque. En fonction de la rotation rapide du disque denté dans les matières à broyer, il se forme sur ces faces un courant de cisaillement dans lequel la dispersion se fait. L'effort de cisaillement qui se produit notamment entre la face inférieure du disque et le fond du pot dépend essentiellement aussi de la distance qui les sépare. L'efficacité du gradient de cisaillement peut être augmentée en réduisant la distance entre le disque et le fond du pot. Cette mesure permet, d'une part, d'augmenter la vitesse de cisaillement à cet endroit et, d'autre part, de choisir des vitesses de rotation plus élevées du fait que le passage du régime laminaire au régime tourbillonnaire n'a lieu que par la suite.

De plus, il est possible dans ce cas d'obtenir par accroissement de la vitesse de rotation de l'arbre du disperseur une augmentation de la puissance mécanique dans le système. Les meilleurs résultats de dispersion sont réalisés en principe en appliquant la puissance mécanique la plus haute possible sans détruire l'effet „doughnut“.

La puissance mécanique P (W) est déterminée par le produit du nombre de tours n (tr/s) et du couple M (Nm) de l'arbre mixeur.

$$P = 2 \pi n M$$



Diamètres de disque  
préconisés en fonction de la  
viscosité et de la capacité  
du pot.

## 2.4 Procédé et optimisation de la composition des matières à broyer

En pratique, le procédé simple suivant a donné de bons résultats: Tout d'abord on remplit le pot des composants liquides. Ensuite on leur ajoute portion par portion, le disque tournant à basse vitesse, autant de composants solides jusqu'à ce que se forme l'effet „doughnut“ à haute vitesse du disque (vitesses périphériques de 18 à 25 m/s. Après l'ajout des composants, il faut absolument nettoyer les parois du pot et l'arbre de la pâte qui y adhère. Ce n'est qu'à partir de ce moment que la substance prémélangée est dispersée, tout en tenant compte de la formation de l'effet „doughnut“ préalablement décrit.

A ce stade, il convient d'exploiter la capacité de rendement du DISPERMAT®: Il ne faut pas craindre les vitesses de rotation élevées! Car quand on utilise par exemple un disque d'un diamètre de 25 mm, le DISPERMAT doit tourner à une vitesse de 15 000 t/min afin d'obtenir une vitesse périphérique de l'arbre de 20 m/s.

L'état de dispersion final est normalement atteint au bout déjà de 10 à 15 minutes de travail du DISPERMAT®.

L'utilisation du disperseur sur une durée plus longue n'améliorera pas le résultat. Des analyses d'échantillons montrent que cela n'entraîne pas de désagglomération supplémentaire. Si la taille des particules des produits doit être réduite davantage, on utilisera un broyeur à billes ou un broyeur à panier DISPERMAT.

## 2.5 Transposition à l'échelle de la production industrielle des résultats de tests effectués en laboratoire

Un aspect extrêmement important est le fait que les résultats de dispersion obtenus avec le DISPERMAT® peuvent être transposés à l'échelle de la production industrielle sur des disperseurs. Comme il a été déjà mentionné, la dispersion dépend non seulement de la vitesse à laquelle les agglomérats sont acheminés vers les zones de cisaillement mais aussi de la puissance mécanique qui est fournie au pot de dispersion. La puissance mécanique absorbée constitue le paramètre limitant le degré maximum final de finesse qui peut être atteint, tandis que le transport des agglomérats détermine le temps nécessaire pour obtenir un tel degré. La dispersion des agglomérats se fait principalement à l'intérieur de la zone de cisaillement qui s'est formée au niveau des faces du disque denté. Les conditions de cisaillement les plus efficaces (et par là la meilleure dispersion possible) peuvent être observées à l'extrémité du disque, car cet élément se déplace à la vitesse maximale à travers les matières à broyer.

C'est la raison pour laquelle cette vitesse (la vitesse périphérique du disque disperseur) peut être considérée comme le paramètre clé pour la transposition des résultats de laboratoire dans la pratique industrielle. Cette remarque se réfère au degré final pouvant être atteint au maximum, mais elle n'est pas relative au temps nécessaire pour l'obtenir.

Le degré de dispersion final est obtenu plus rapidement sur le DISPERMAT® que sur un disperseur en production, étant donné que les distances que les agglomérats doivent parcourir pour parvenir au disque sont plus courtes que celles habituellement en usage en production.

La concordance exacte quant au degré final réalisable pourra être obtenue bien sûr qu'à la condition aussi que la température des matières à broyer de la dispersion en laboratoire soit comparable à celle de la dispersion à l'échelle industrielle. C'est pourquoi il est préconisé dans la dispersion avec le DISPERMAT® d'utiliser absolument un pot tempéré à double paroi. Afin d'obtenir en laboratoire les vitesses périphériques appliquées à l'échelle de la production, le disperseur de laboratoire doit être capable également de tourner à des vitesses élevées avec un maximum de constance et de reproductibilité. En utilisant des disques dentés de diamètres différents on peut facilement calculer la vitesse périphérique selon la formule suivante:

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60}$$

v = vitesse périphérique en m/s

$\pi = 3.141 \dots$

d = diamètre du disque denté en m

n = nombre de tours par minute en t/min



**Vitesse périphérique en fonction de la vitesse de rotation et du diamètre du disque. La zone teintée en rouge montre les vitesses périphériques favorables de 18 à 25 m/s.**

**Exemple pratique pour une charge à broyer d'un volume de 100 ml**

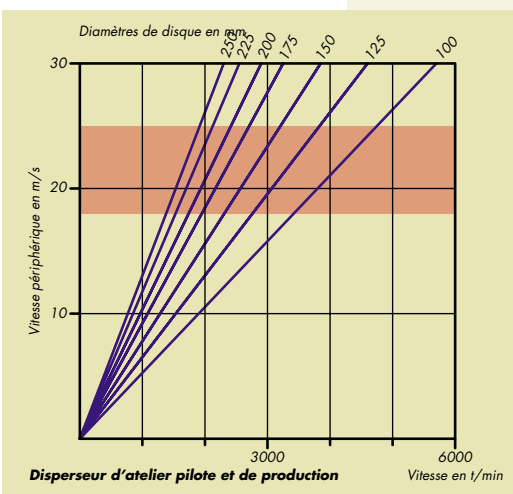
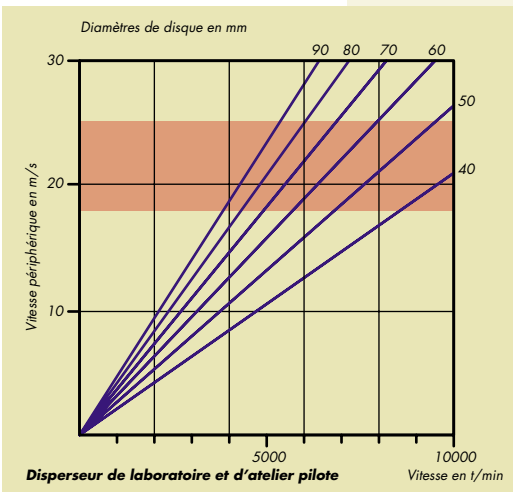
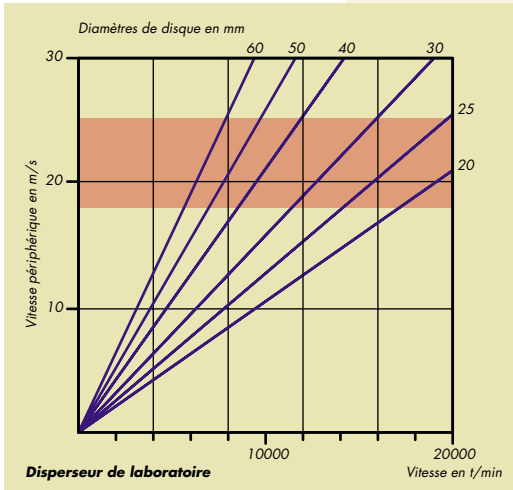
Capacité du pot	250 ml
Diamètre du pot	65 mm
Hauteur du pot	85 mm
Diamètre du disque	30 mm
Rotation de l'arbre	11500 - 16000 t/min
Vitesse périphérique du disque disperseur	18 - 25 m/sec

**Exemple pratique pour une charge à broyer d'un volume de 2500 ml**

Capacité du pot	5000 ml
Diamètre du pot	180 mm
Hauteur du pot	200 mm
Diamètre du disque	80 mm
Rotation de l'arbre	4300 - 6000 t/min
Vitesse périphérique du disque disperseur	18 - 25 m/sec

**Exemple pratique pour une charge à broyer d'un volume de 30 l**

Capacité du pot	65 l
Diamètre du pot	440 mm
Hauteur du pot	440 mm
Diamètre du disque	200 mm
Rotation de l'arbre	1700 - 2400 t/min
Vitesse périphérique du disque disperseur	18 - 25 m/sec



## 2.6 Que faire, si le résultat de la dispersion ne donne pas satisfaction?

Au cas où la dispersion ne donnerait pas le résultat escompté, il convient de vérifier les points suivants:

### ● **Durée de dispersion**

L'état optimal de dispersion est atteint avec le disperseur au bout d'un laps de temps relativement court (env. 10 à 15 min). Prolonger cette durée au delà de 20 mn ne donne pas, en général, de meilleurs résultats de dispersion.

### ● **Effet „doughnut“**

Cet effet doit être respecté au cours de toute la durée de la dispersion.

### ● **Vitesse de rotation**

Accroissement de la puissance absorbée par augmentation de la vitesse de rotation et par là de la vitesse périphérique du disque sans détruire l'effet „doughnut“.

### ● **Géométrie du pot**

Modification de la distance entre le disque disperseur et le fond du pot.

### ● **Disque disperseur**

Utilisation d'un disque de diamètre plus petit ou plus grand.

### ● **Quantité de matières à broyer**

Réduire ou augmenter le volume de remplissage.

### ● **Teneur en solides**

Augmentation de la viscosité en fonction de la fluidité dilatante par l'ajout de particules solides sans toutefois détruire l'effet „doughnut“.

### ● **Floculation**

Se produit-il une nouvelle agglutination (floculation) des agglomérats à l'issue de la dispersion? Dans l'affirmative, recourir à des additifs convenables.

### ● **Température**

La dispersion s'accompagne d'un transfert d'énergie considérable dans les matières à broyer qui se traduit par une hausse de la température, laquelle exerce bien souvent une influence négative sur la fluidité des matières à broyer. De plus, des ingrédients sensibles aux variations de température peuvent s'en trouver détériorés. On peut y remédier en utilisant des pots de dispersion à double paroi.

### ● **Matières de base**

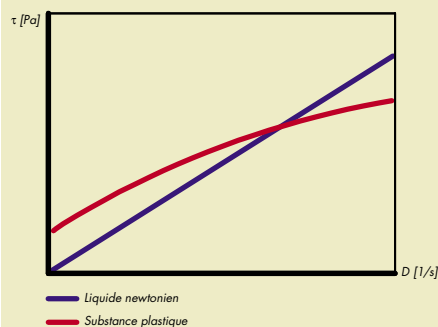
Modification partielle de la composition par l'emploi d'autres matières de base plus appropriées. En effet, il ne faut pas oublier que le DISPERMAT® est un disperseur et non un appareil de broyage. C'est pourquoi il n'est pas capable de broyer des particules primaires.

## 2.7 Les propriétés rhéologiques des pâtes à broyer

Afin d'obtenir des résultats de dispersion optimaux, la pâte à broyer doit disposer de certaines propriétés rhéologiques. Malheureusement, le comportement rhéologique ne peut pas être défini par un unique paramètre tel que celui de la viscosité.

La viscosité est la propriété qu'a une matière de s'écouler et de se déformer irréversiblement sous l'effet d'une contrainte. Le coefficient de viscosité, souvent désigné sous le terme de viscosité, est une constante spécifique à la matière qui est définie comme étant le quotient de la contrainte de cisaillement ( $\tau$ ) sur la vitesse de cisaillement (D).

La viscosité est une constante uniquement dans le cas de liquide newtonien; c'est-à-dire que la courbe d'écoulement décrit une droite (exemple l'eau, les huiles minérales, etc.). Toutes les autres substances qui ne présentent pas un tel comportement rhéologique sont appelées non newtoniennes. On les rencontre bien plus fréquemment que les liquides newtoniens.



**Liquide newtonien:**  
La viscosité est une constante spécifique à la matière.

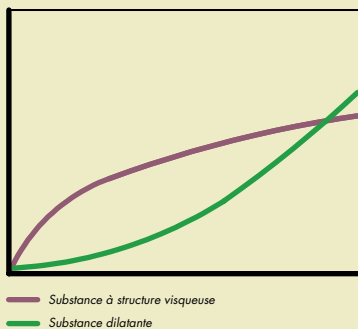
**Substances plastiques:**  
La viscosité diminue en fonction de l'accroissement du gradient de cisaillement - après avoir franchi la limite d'écoulement.

$$\text{viscosité } \mu = \frac{\text{contrainte de cisaillement } \tau}{\text{vitesse de cisaillement } D} \quad [\text{Pa}\cdot\text{s}]$$

Les formulations des matières à broyer sont des substances rhéologiques complexes caractérisées par les termes suivants:

- viscosité apparente
- pseudoplasticité
- limite d'écoulement
- thixotropie
- rhéopexie
- dilatance

La substance doit présenter si possible une faible dilatance sans avoir une limite d'écoulement notable, laquelle pourrait gêner la libre circulation des matières à broyer lors de la dispersion. Par ailleurs, les propriétés rhéologiques de la substance ne doivent pas varier trop fortement au cours du processus de dispersion.



**Substance à structure visqueuse:**  
La viscosité diminue en fonction de l'accroissement du gradient de cisaillement.

**Substance dilatante:**  
La viscosité augmente en fonction de l'accroissement du gradient de cisaillement.