



(22) Date de dépôt/Filing Date: 1996/04/09

(41) Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.: 1996/10/11

(45) Date de délivrance/Issue Date: 2001/10/23

(30) Priorité/Priority: 1995/04/10 (95 04 260) FR

(51) Cl.Int.⁶/Int.Cl.⁶ B01J 2/02, B01D 9/00

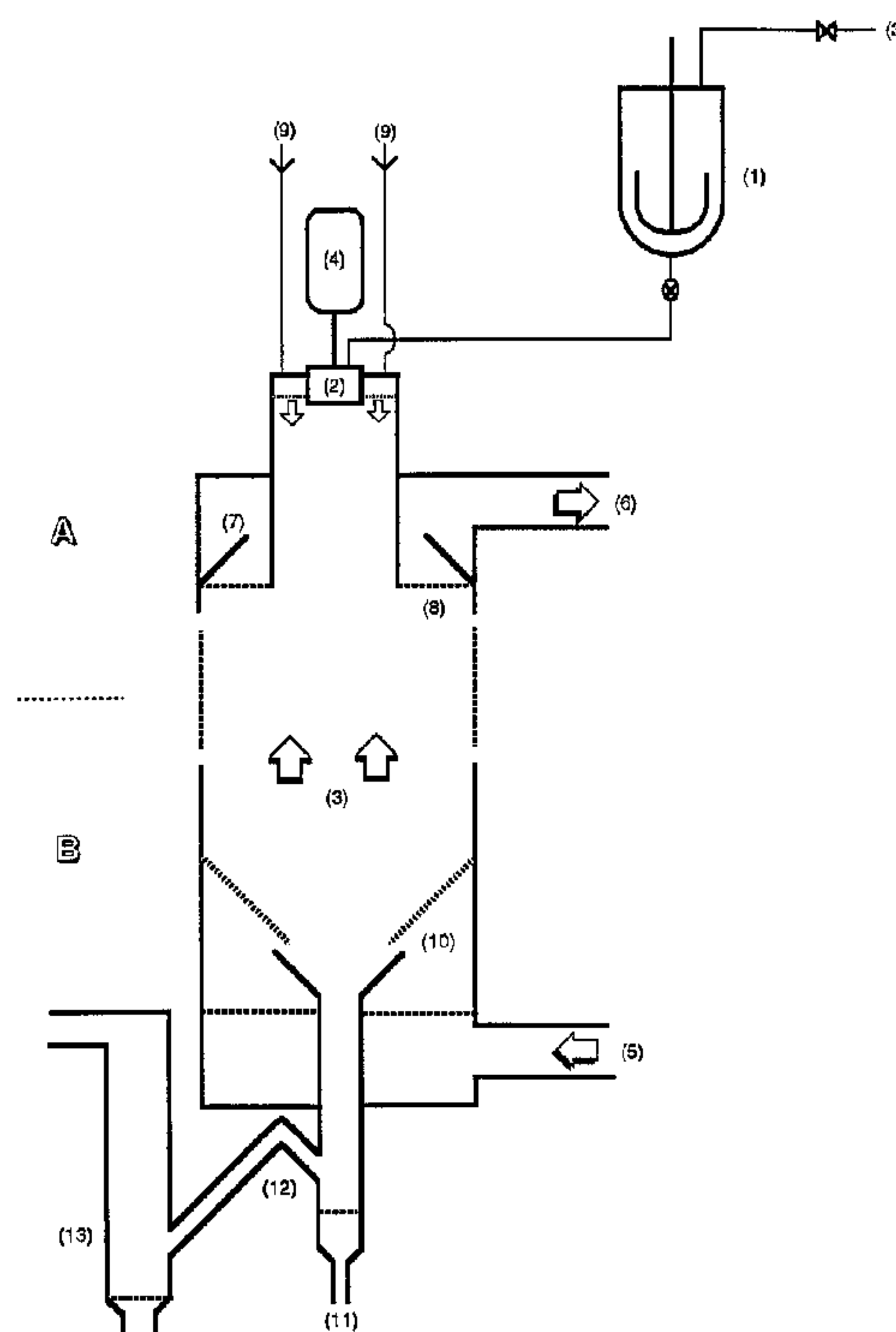
(72) Inventeurs/Inventors:
Statiotis, Eraclis, FR;
Le Thiesse, Jean-Claude, FR

(73) Propriétaire/Owner:
RHODIA CHIMIE, FR

(74) Agent: ROBIC

(54) Titre : PERLES CRISTALLISEES D'UN PRODUIT PRESENTANT LE PHENOMENE DE SURFUSION ET LEUR
PROCEDE D'OBTENTION

(54) Title: CRISTALLIED BEAD MADE FROM A SUPERCOOLED PRODUCT, AND PROCESS FOR OBTAINING
SAME



(57) Abrégé/Abstract:

L'invention a pour objet une nouvelle présentation d'un produit présentant le phénomène de surfusion. Plus précisément, elle a pour objet des perles cristallisées d'un produit présentant une forte surfusion. L'invention se rapporte aussi au procédé de préparation de ces perles. Ce procédé consiste à faire fondre si nécessaire le produit à mettre en forme; à fragmenter la masse fondue en gouttelettes; à refroidir les gouttelettes à une température inférieure à la température de transition vitreuse du produit afin que ces gouttelettes se durcissent par vitrification; à maintenir les perles ainsi vitrifiées à une température inférieure à la température de transition vitreuse et à les mettre en contact avec des germes de cristallisation; à faire cristalliser les perles en élevant la température au-dessus de la température de transition vitreuse puis à récupérer les perles cristallisées.



PRECIS DE LA DIVULGATION

L'invention a pour objet une nouvelle présentation d'un produit présentant le phénomène de surfusion. Plus précisément, elle a pour objet des perles cristallisées d'un produit présentant une forte surfusion. L'invention se rapporte aussi au procédé de préparation de ces perles. Ce procédé consiste à faire fondre si nécessaire le produit à mettre en forme; à fragmenter la masse fondue en gouttelettes; à refroidir les gouttelettes à une température inférieure à la température de transition vitreuse du produit afin que ces gouttelettes se durcissent par vitrification; à maintenir les perles ainsi vitrifiées à une température inférieure à la température de transition vitreuse et à les mettre en contact avec des germes de cristallisation; à faire cristalliser les perles en élevant la température au-dessus de la température de transition vitreuse puis à récupérer les perles cristallisées.

PERLES CRISTALLISEES D'UN PRODUIT PRESENTANT LE PHENOMENE DE
SURFUSION ET LEUR PROCEDE D'OBTENTION

La présente invention a pour objet une nouvelle présentation d'un produit présentant le phénomène de surfusion. Plus précisément, l'invention a pour objet des perles cristallisées d'un produit présentant une forte surfusion. L'invention se rapporte aussi à un procédé de préparation desdites perles.

10 Dans de multiples domaines d'application, on requiert que les produits mis en oeuvre se trouvent sous une forme telle qu'elle doit satisfaire à de nombreuses exigences :

- le produit doit être aisément manipulable,
- la répartition granulométrique du produit doit exclure des particules fines qui génèrent des poussières, particules inférieures à 100 µm environ,
- le produit doit présenter de bonnes propriétés d'écoulement et ne pas motter dans les installations de stockage temporaire, du type trémie ou lors d'une utilisation dans des processus de transformation ultérieure, ou au cours d'un stockage prolongé dans les emballages usuels.

20 Ces exigences peuvent être plus ou moins satisfaites en mettant à disposition le produit sous la forme d'une poudre à grosse granulométrie.

On peut envisager d'obtenir une telle granulométrie par une opération de cristallisation en solution. Toutefois, une telle technique possède ses limites car il n'est pas toujours facile de contrôler la croissance cristalline et, dans le cas d'anisotropie, les cristaux obtenus sont fragiles et ne répondent pas aux impératifs en matière de propriétés mécaniques.

30 Il est également possible de faire appel à des techniques de mise en forme d'une poudre comme la granulation mais, en général, ces techniques nécessitent l'utilisation d'un additif comme liant. On peut également mettre en oeuvre la technique de "prilling" qui consiste à fondre le produit, à le fractionner en gouttelettes qui sont solidifiées par refroidissement.

Le problème qui se pose alors est que de nombreux produits, notamment les matières actives dans le domaine pharmaceutique ou agrochimique, présentent un phénomène de surfusion, c'est-à-dire que lorsque le produit est fondu et qu'il est refroidi au-dessous de son point de fusion, il ne cristallise pas et reste à l'état liquide. Il s'ensuit que lorsqu'un produit présente le phénomène de surfusion et c'est le cas notamment du gāacolate de glycéryle, il existe de réelles difficultés à mettre en oeuvre une technique de prilling.

L'objet précisément de la présente invention est de fournir un procédé permettant de mettre en forme un produit présentant de la surfusion.

Un autre objet de l'invention est qu'il conduit à un produit satisfaisant toutes les exigences précitées.

Enfin, un autre objet est une nouvelle forme ou présentation d'un produit présentant un phénomène de surfusion, sans qu'il y soit inclus un additif de cristallisation.

10 La présente invention a pour objet des perles cristallisées d'un produit présentant une surfusion telle que l'on mette en évidence une transition vitreuse et ne comprenant pas d'additifs de cristallisation.

Dans l'exposé de la présente invention, on entend par "perles", des particules solides à forte sphéricité.

La caractéristique du procédé de l'invention, en vue de préparer des perles cristallisées d'un produit présentant le phénomène de surfusion consiste :

- à faire fondre si nécessaire ledit produit,
- à fragmenter la masse fondue en gouttelettes,
- à refroidir les gouttelettes à une température inférieure à la température de transition vitreuse du produit afin que ces gouttelettes se durcissent par vitrification,
- 20 - à maintenir les perles ainsi vitrifiées à une température inférieure à la température de transition vitreuse et à les mettre en contact avec des germes de cristallisation,
- à faire cristalliser les perles en élevant progressivement la température au-dessus de la température de transition vitreuse,
- à récupérer les perles cristallisées.

30 Une variante préférée du procédé de l'invention consiste à faire fondre si nécessaire le produit à mettre en forme, puis à faire passer la masse fondue dans une buse de façon à former des gouttelettes, à solidifier ces dernières en les laissant tomber dans une tour à contre-courant d'un gaz froid, puis à récupérer les perles vitrifiées qui sont ensuite transformées en perles cristallisées selon les étapes précédemment décrites.

Le procédé de l'invention est parfaitement bien adapté pour la préparation de perles d'un produit présentant une forte surfusion.

On rappellera que par "surfusion", on définit l'état d'un corps qui reste liquide en dessous de sa température de fusion.

Le procédé de l'invention convient tout à fait bien pour la mise en forme notamment de produits organiques utilisés dans le domaine pharmaceutique et agrochimique.

Comme exemples spécifiques, on peut citer le gaïacolate de glycéryle, les dérivés de l'acide propionique et plus particulièrement l'acide 2-(3-benzoylphényl)propionique (Kétoprofène®), l'acide 2-(4-isobutylphényl)propionique (Ibuprofène®), le dicarbonate de 2-méthyl-2-propyl-1,3-propanediol ou méprobamate.

10 Les perles obtenues selon l'invention présentent des caractéristiques physico-chimiques qui leur sont propres.

Les perles obtenues présentent une taille de particules essentiellement sous forme sphérique, ayant un diamètre qui peut être choisi, grâce au procédé de l'invention, dans une large gamme. Ainsi, la taille des particules exprimée par le diamètre médian (d_{50}) peut s'échelonner entre 100 μm et 3 000 μm mais se situe, de préférence, entre 500 μm et 2 000 μm .

On définit le diamètre médian comme étant tel que 50 % en poids des particules ont un diamètre supérieur ou inférieur au diamètre médian.

Précisons que la détermination des tailles se fait par passage sur des tamis métalliques.

20 Selon le produit de départ et son domaine d'application, la granulométrie choisie peut être plus ou moins grosse. Ainsi, dans le cas du gaïacolate de glycéryle qui constitue une application préférentielle du procédé de l'invention, le diamètre médian se situe, de préférence entre 500 μm et 1 000 μm .

La figure 1 représente une photographie prise au microscope optique ($G = 18$) qui montre la morphologie du type sphérule d'un produit présentant une forte surfusion tel que le gaïacolate de glycéryle.

Sur le produit obtenu, on observe une répartition granulométrique uniforme.

La figure 2 représente une photographie prise au microscope électronique à balayage ($G = 50$) qui met en évidence l'aspect de surface des perles obtenues.

30 La structure originale des produits de l'invention est obtenue grâce à un procédé de fabrication parfaitement adapté.

Le procédé de l'invention de préparation de perles cristallisées d'un produit présentant le phénomène de surfusion consiste donc :

- à faire fondre si nécessaire ledit produit,
- à fragmenter la masse fondue en gouttelettes,

- à refroidir les gouttelettes à une température inférieure à la température de transition vitreuse du produit afin que ces gouttelettes se durcissent par vitrification,
- à maintenir les perles ainsi vitrifiées à une température inférieure à la température de transition vitreuse et à les mettre en contact avec des germes de cristallisation,
- à faire cristalliser les perles en élevant progressivement la température au-dessus de la température de transition vitreuse,
- à récupérer les perles cristallisées.

10 Dans le procédé de l'invention, on met en oeuvre un produit à l'état fondu.

On peut envisager d'alimenter directement le produit fondu provenant d'une ligne de fabrication. Ceci est particulièrement intéressant lorsque le produit de départ est un produit thermosensible.

Si l'on dispose d'une forme solide pulvérulente, il y a lieu de prévoir une étape de procédé de l'invention qui consiste à faire fondre ledit produit. A cet effet, on chauffe le produit à sa température de fusion. De préférence, on porte le produit à une température légèrement supérieure à sa température de fusion, de préférence supérieure à au plus 5°C par rapport à son point de fusion. Pour le gaïacolate de glycéryle spécifiquement, la température à laquelle est portée celui-ci, est choisie entre 83°C et 88°C.

20

Cette opération est effectuée, généralement sous agitation.

Dans une étape suivante, on transforme la masse fondue, en gouttelettes. Cette opération peut être réalisée au moyen de tout dispositif de fragmentation, par exemple, par une buse plate à orifice(s) circulaire(s).

Un mode de réalisation préférentielle de l'invention consiste à former les gouttelettes par passage de la masse fondue au travers d'un orifice et tout particulièrement par passage au travers d'une buse.

L'opération suivante est d'assurer le durcissement des gouttelettes en perles vitrifiées par contact avec un fluide froid dont la température est choisie de telle sorte qu'elle soit inférieure à la température de transition vitreuse du produit à mettre en forme.

30

Par "température de transition vitreuse" on entend, la température à laquelle il y a passage de l'état vitreux à l'état solide non rigide.

La température de transition vitreuse est déterminée d'une manière connue et plus particulièrement selon la norme AFNOR T51-507-2 de décembre 1991.

La température du fluide froid est de préférence, plus basse de 10 à 20°C que la température de transition vitreuse. Dans le cas du gaïacolate de glycéryle,

la température du fluide froid est choisie entre -60°C et -30°C , de préférence, entre -60°C et -40°C .

D'une manière générale, la borne inférieure ne présente aucun caractère critique. Elle est uniquement limitée par des considérations technologiques et/ou économiques.

Le fluide froid est plus particulièrement un gaz froid et, de préférence, l'air mais l'invention n'exclut pas un quelconque gaz dans la mesure où il est inerte vis-à-vis du produit à mettre en forme. On peut choisir l'azote mais d'une manière générale, on préfère l'air ou de l'air appauvri en oxygène (par exemple à 10 %) dans le cas où le produit est oxydable ou inflammable.

D'une manière préférentielle, on envoie le courant gazeux froid, à contre-courant du flux de matière.

Le temps de séjour qui est la durée entre la formation de la gouttelette à la sortie de la buse et son arrivée dans le système de récupération se situe avantageusement, entre 1 et 10 secondes et plus préférentiellement entre 1 et 3 secondes.

Une façon d'obtenir le temps de séjour désiré, est de laisser tomber les gouttelettes dans une tour à contre-courant d'un gaz froid tel que précité.

En fin de réaction, on récupère les perles vitrifiées par tout moyen connu, par exemple, par gravité dans un bac de récupération ou, de préférence, selon la technique de lit fluide.

Dans une étape suivante, on réalise la transformation des perles vitrifiées en perles cristallisées.

A cet effet, on maintient les perles vitrifiées à une température inférieure à la température de transition vitreuse, de préférence, inférieure de 5 à 10°C par rapport à la température de transition vitreuse et on les met en contact avec des germes de cristallisation.

Pour des perles de gaïacolate de glycéryle, la température est choisie avantageusement entre -30°C et -35°C .

Les germes de cristallisation sont constitués par une faible quantité de poudre cristallisée de la même nature que le produit à mettre en forme.

La taille des particules de la poudre est très inférieure à celle des perles obtenues, de préférence, le diamètre est inférieur à une valeur représentant le 1/10^{ème} du diamètre des perles obtenues.

On choisit de mettre en oeuvre des germes en une quantité représentant par exemple, de 0,1 à 5 % par rapport au poids des perles vitrifiées.

Afin de déclencher la cristallisation, on remonte progressivement la température à une température au moins égale à la température de transition

vitreuse et jusqu'à la température qui correspond à l'exothermie liée à la cristallisation des perles.

La borne supérieure de température se situe de préférence, de 10 à 20°C au-dessus de la température de transition vitreuse.

L'augmentation de température est effectuée de préférence, progressivement. A cet effet, on peut, par exemple, monter la température de 0,5 à 1°C par minute.

10 La durée de cette opération varie largement et on précise à titre indicatif, qu'une durée de 10 minutes et 2 heures est généralement nécessaire pour obtenir la transformation des perles vitrifiées en perles cristallisées.

On récupère les perles cristallisées par tout moyen connu, mais de préférence, à l'aide d'un dispositif permettant d'évacuer rapidement les calories dégagées par la cristallisation. Ainsi, un lit fluide est bien adapté pour effectuer la dernière étape du procédé de l'invention.

Les perles d'un produit présentant de la surfusion ainsi obtenues selon le procédé de l'invention présentent les caractéristiques explicitées ci-dessus.

20 En ce qui concerne l'appareillage utilisé pour mettre en oeuvre le procédé de l'invention, il est composé de trois ensembles : un premier ensemble de mise en forme des perles, un deuxième ensemble de récupération des perles vitrifiées et un troisième ensemble de cristallisation des perles vitrifiées.

Le premier ensemble comprend un bac de stockage de préférence agité lorsque le produit à mettre en forme provient d'une ligne de fabrication ou bien un fondoir permettant de fondre le produit s'il est sous forme pulvérulente et une enceinte qui est généralement, une tour d'une hauteur allant de préférence entre 4 et 8 mètres, comprenant dans sa partie supérieure, un dispositif de fragmentation en gouttelettes, de préférence une buse et équipée dans sa partie inférieure d'une ou plusieurs arrivées d'un courant gazeux froid transformant ainsi le bas de la tour en une tour de refroidissement.

30 Le produit à mettre en forme est introduit par une trémie à double vis, dans un fondoir qui est un réacteur équipé d'un système permettant de réguler la température, par exemple, une double enveloppe, afin de maintenir ledit produit à l'état fondu.

La buse utilisée peut être une buse à un seul trou ou une buse multi-trous avec un nombre de trous qui peut varier entre 1 et 100 trous.

On peut utiliser un système comprenant plusieurs buses, par exemple, 2 buses de préférence amovibles, en parallèle.

Le diamètre des perforations de la buse est fonction de la taille des perles désirées. Il peut être de 50 à 2 000 μm mais il est choisi, de préférence, entre 200 et 600 μm .

La taille de la perforation est toujours inférieure à la taille de la sphérule obtenue. Ainsi, on utilise une buse présentant des perforations d'environ 200 μm pour obtenir des perles présentant un diamètre médian de 550 μm .

La buse utilisée peut être une buse statique mais il est possible de faire appel à une buse soumise à un système de vibration de haute fréquence, par exemple, de 100 à 10 000 hertz.

10 Le produit fondu arrive dans la buse soit à l'aide d'une pompe volumétrique ou soit par une surpression qui est assurée par un courant gazeux, de préférence, un courant d'azote. La surpression par rapport à la pression atmosphérique est de 5 à 500 %.

La buse est maintenue à une température légèrement supérieure à la température de fusion du produit, de préférence supérieure de 2 à 5°C par rapport à celle-ci.

20 Au niveau de la buse, il est possible mais non indispensable d'établir un courant gazeux, de préférence un co-courant d'air ou d'azote avec le jet sortant de la buse. Ce courant gazeux a, de préférence, une température comprise entre la température ambiante et 80°C. La présence de ce co-courant gazeux permet d'obtenir une meilleure régularité de la dimension des perles et évite la coalescence des gouttes.

Dans la partie supérieure de la tour, il peut y avoir sur le paroi interne de la tour, présence de chicanes et de grilles permettant l'homogénéisation du flux gazeux.

30 Dans le bas de la tour, on introduit un courant de gaz froid, de préférence un courant d'air froid pour assurer le durcissement des gouttelettes en perles vitrifiées. Il a une température choisie de telle sorte qu'elle soit inférieure à la température de transition vitreuse du produit à mettre en forme, de préférence, à une température plus basse de 10 à 20°C que la température de transition vitreuse

Le gaz froid sort, de préférence, de la tour, en dessous de la buse, à une distance représentant avantageusement un dixième de la hauteur totale de la zone de refroidissement.

Le système de récupération des perles, en bas de la tour, est choisi de telle sorte qu'il permette de maintenir les perles vitrifiées à une température inférieure à la température de transition vitreuse du produit. Il peut être constitué d'un bac de récupération réfrigéré mais il est préférable de faire appel à un dispositif

permettant d'assurer la fluidisation du lit de particules. Il est constitué par un bac, de préférence cylindrique, comportant dans sa partie inférieure, une grille au travers de laquelle est envoyé un courant gazeux, de préférence l'azote, l'air ou de l'air appauvri en oxygène. Le débit gazeux, qui dépend de la taille des particules, doit être tel qu'il maintient les particules en suspension. On précise, à titre d'exemple, qu'il est de 5 à 30 m³/h pour un diamètre de lit fluide de 80 mm.

Dans cette partie de l'appareil, on poursuit nécessairement le refroidissement car la température du gaz de fluidisation (de préférence, l'air) envoyé est à la même température ($\pm 5^{\circ}\text{C}$) que la température du courant gazeux froid envoyé, en bas de tour.

Le dispositif de fluidisation dispose d'une sortie permettant l'évacuation des perles vitrifiées.

Le troisième ensemble correspond à une partie de l'appareillage où est effectuée la cristallisation. Cette opération est conduite dans un dispositif de lit fluide ou tout autre dispositif, par exemple un couloir vibrant, permettant de mettre en contact les perles vitrifiées et les germes de cristallisation et d'assurer une remontée lente en température.

Une première variante consiste à effectuer cette opération dans le même dispositif de fluidisation utilisé dans l'étape précédente. Ainsi, une fois les perles vitrifiées formées, on envoie le gaz de fluidisation à une température inférieure à la température de transition vitreuse du produit, de préférence, inférieure de 5 à 10°C puis on introduit les germes de cristallisation soit par l'intermédiaire de la sortie d'évacuation ou par tout moyen prévu à cet effet.

On fait cristalliser les perles en élevant la température de celles-ci au-dessus de la température de transition vitreuse. On envoie donc le gaz de fluidisation à la température adéquate et l'on contrôle l'augmentation de la température qui résulte alors de la cristallisation en refroidissant si nécessaire. La montée de la température est avantageusement de 0,5 à 1°C par minute.

On augmente la température jusqu'à ce que l'on note l'exothermie liée à la cristallisation des perles.

Le débit du gaz de fluidisation est avantageusement élevé afin d'évacuer les calories libérées. A titre d'exemple, on précise qu'il est de 80 à 200 m³/h, par kg de perles, pour un diamètre de lit fluide de 150 mm.

Ensuite, on évacue les perles cristallisées à l'aide d'un dispositif approprié.

Une autre variante du procédé de l'invention consiste à prévoir un deuxième dispositif de fluidisation mis à la suite du précédent.

Les perles vitrifiées provenant du premier lit fluide sont mélangées avec les germes de cristallisation et tombent dans un deuxième lit fluide dont la

température du gaz de fluidisation est au moins égale à la température de transition vitreuse, de préférence, légèrement supérieure à ladite température. Comme mentionné précédemment, on veille à une montée progressive en température.

Une fois les perles cristallisées, elles sont évacuées d'une manière classique.

Un mode de réalisation pratique de l'invention est illustré par le dessin annexé sous forme de figure 3.

10 La figure 3 est une vue latérale schématique d'un appareil adapté à la mise en oeuvre de l'invention.

L'appareil utilisé est constitué de deux parties : la partie supérieure ou tour de prilling (A) et la partie inférieure qui schématise les dispositifs de fluidisation (B).

La poudre à mettre en forme est introduite dans le pot (1) où elle est fondue avant d'être acheminée vers la buse (2). Pour cela, de l'azote (3) est admis en surpression dans le bac à réserve (1).

La tour d'une hauteur de 8 mètres, comprend dans sa partie supérieure une buse (2) solidaire d'un vibreur (4) et est équipée dans sa partie inférieure d'une arrivée d'un courant d'air froid (5).

20 L'air de refroidissement introduit en (5) ressort de la tour au point (6) en dessous de la buse (2).

Dans la partie supérieure de la tour, des chicanes (7) ainsi qu'une grille (8) de forme annulaire assurent une distribution homogène du flux gazeux dans la tour.

Un flux d'azote (9) chaud ayant une température comprise entre 20°C et 80°C, de préférence entre 60°C et 80°C, est distribué à co-courant autour de la buse (2).

30 Dans la partie inférieure de la tour, une grille de forme tronconique (10) permet de collecter les perles vitrifiées solidifiées dans un dispositif de fluidisation comprenant une arrivée d'azote en (11) et une sortie (12) qui sert à transférer les perles vitrifiées vers un second lit fluidisé (13) où sont introduits les germes de cristallisation et où la cristallisation des perles est déclenchée par élévation de leur température au-dessus de la température de transition vitreuse.

On donne ci-après, des exemples de réalisation pratique de l'invention.

EXEMPLES

On définit, ci-après, le protocole opératoire qui sera repris dans les exemples suivants 1 et 2.

On met en oeuvre 1 kg d'un produit présentant une forte surfusion à savoir le gaïacolate de glycéryle.

Le procédé de l'invention est mis en oeuvre dans l'appareillage décrit ci-dessus et schématisé par la figure 3.

La buse, soumise a des vibrations, présente des caractéristiques précisées dans les exemples suivants.

10 On introduit la poudre du produit à mettre en forme dans le pot (1).

On fond ledit produit dans le fondoir par chauffage à l'aide d'eau chaude circulant dans la double enveloppe.

La température du produit est de 84°C en (1) pour le gaïacolate de glycéryle. La température en (2), en sortie de buse et le débit du produit sont précisés ci-après.

On introduit en (5) de l'air de refroidissement à un débit de 850 m³/h, soit une vitesse dans la tour de 0,6 m/s. L'air ressort en (6).

Les températures de l'air à l'entrée de la tour (5) et à la sortie de la tour en (6) sont précisées dans un tableau récapitulatif donné dans chaque exemple.

20 Il en est de même pour la température de l'air de fluidisation en (11).

Les perles vitrifiées obtenues sont collectées en (10) et évacuées en (12) vers le lit fluidisé (13) où elles sont maintenues en fluidisation à une température de - 35°C jusqu'à la fin de l'opération de prilling ; la température de transition vitreuse étant située vers -25°C, comme le met en évidence la figure 4 qui est une courbe d'analyse thermique différentielle obtenue pour une vitesse de chauffage de 5°C/min (déterminée sur appareil Perkin-Elmer®) qui représente la variation du flux thermique (exprimé en mW) en fonction de la température (exprimée en °C).

30 Du gaïacolate de glycéryle en poudre fine est introduit en (13) pour former des germes de cristallisation puis la température de l'air de fluidisation en (13) est élevée à raison de 0,5°C/min.

Lorsque la température atteint 2 à 3°C, on enregistre une exothermie liée à la cristallisation des perles.

Un débit d'air de fluidisation de 100 m³/h en (13) permet d'évacuer rapidement les calories libérées et évite une montée de la température du produit au-delà de 20°C.

Exemple 1

Les perles de gaïacolate de glycéryle sont préparées dans un appareillage tel que schématisé par la figure 3, comportant une buse à 1 trou. Le rapport L/D est de 3 ; L représentant la longueur de l'orifice et D le diamètre de l'orifice.

Le procédé mis en oeuvre est tel que décrit ci-dessus : les conditions de marche étant précisées dans le tableau I suivant :

Tableau I

Diamètre du trou de la buse	250 μm
Fréquence de vibration de la buse (2)	970 Hz
Surpression de l'azote (3)	0,22 bar
Température du produit fondu en (2)	86°C
Débit du produit à la sortie de la buse (2)	0,410 kg/h
Température de l'air à l'entrée de la tour (5)	- 60°C
Température de l'air à la sortie de la tour (6)	- 45°C
Température de l'air du lit fluide (11)	- 55°C
Température de l'air du lit fluide (13)	- 35 °C

Après 120 minutes de fonctionnement, on récupère 820 g de perles vitrifiées dans le lit fluide (13).

10 On ajoute 10 g de poudre de gaïacolate de glycéryle en (13).

On augmente la température de l'air du lit fluide (13).

La vitesse de montée de la température est de 0,5°C/min.

La température finale de fluidisation est de + 18°C.

Après 110 minutes de fluidisation, on récupère 820 g de perles cristallisées ayant un diamètre de 570 μm . Elles sont séparées de l'excès de poudre ayant servi de germes de cristallisation, par simple tamisage.

Exemple 2

20 La préparation des perles de gaïacolate de glycéryle est effectuée comme dans l'exemple 1 : les modifications des paramètres de procédé étant précisées dans le tableau suivant :

Tableau II

Diamètre du trou de la buse	400 μm
Fréquence de vibration de la buse (2)	1010 Hz
Surpression de l'azote (3)	0,17 bar
Température du produit fondu en (2)	84°C
Débit du produit à la sortie de la buse (2)	0,870 kg/h
Température de l'air à l'entrée de la tour (5)	- 60°C
Température de l'air à la sortie de la tour (6)	- 45°C
Température de l'air du lit fluide (11)	- 55°C
Température de l'air du lit fluide (13)	- 35°C

Après 60 minutes de fonctionnement, on récupère 870 g de perles vitrifiées dans le lit fluide (13).

On ajoute 10 g de poudre de gâicolate de glycéryle en (13).

On augmente la température de l'air du lit fluide (13).

La vitesse de montée de la température est de 0,5°C/min.

La température finale de fluidisation est de + 18°C.

- 10 Après 110 minutes de fluidisation, on récupère 870 g de perles cristallisées ayant un diamètre de 720 μm . Elles sont séparées de l'excès de poudre ayant servi de germes de cristallisation, par simple tamisage.

Le produit obtenu présente une morphologie sous forme de perles illustrée par les figures 1 et 2 qui représentent des photographies prises au microscope optique (G = 18) et au microscope à balayage électronique (G = 50).

Exemple 3

Dans cet exemple, on prépare des perles d'acide 2-(3-benzoylphényl) propionique (Kétoprofène®) dans un appareillage tel que schématisé par la figure 3, comportant une buse à 1 trou avec un rapport L/D de 3.

- 20 La température de transition vitreuse se situe vers - 5°C comme le met en évidence la figure 5 qui est une courbe d'analyse thermique différentielle obtenue pour une vitesse de chauffage de 5°C/min (déterminée sur appareil Perkin-Elmer®) qui représente la variation du flux thermique (exprimé en mW) en fonction de la température (exprimée en °C).

Les conditions de marche sont précisées dans le tableau III.

Tableau III

Diamètre du trou de la buse	400 μm
Fréquence de vibration de la buse (2)	435 Hz
Surpression de l'azote (3)	0,51 bar
Température du produit fondu en (2)	95°C
Débit du produit à la sortie de la buse (2)	0,840 kg/h
Température de l'air à l'entrée de la tour (5)	- 35°C
Température de l'air à la sortie de la tour (6)	- 20°C
Température de l'air du lit fluide (11)	- 35°C
Température de l'air du lit fluide (13)	- 10°C

Après 60 minutes de fonctionnement, on récupère 840 g de perles vitrifiées dans le lit fluide (13).

On ajoute 10 g de poudre d'acide 2-(3-benzoylphényl)propionique en (13).

On augmente la température de l'air du lit fluide (13).

La vitesse de montée de la température est de 0,5°C/min.

La température finale de fluidisation est de 40°C.

Après 100 minutes de fluidisation, on récupère 840 g de perles cristallisées ayant un diamètre de 940 μm . Elles sont séparées de l'excès de poudre ayant servi de germes de cristallisation, par simple tamisage.

Les réalisations de l'invention, au sujet desquelles un droit exclusif de propriété ou de privilège est revendiqué, sont définies comme il suit:

1. Procédé de préparation de perles cristallisées d'un produit à mettre en forme présentant de la surfusion caractérisé par le fait qu'il consiste:

- à faire fondre ledit produit en une masse, si nécessaire;
- à fragmenter la masse fondue en gouttelettes,
- à refroidir les gouttelettes à une température inférieure à la température de transition vitreuse du produit afin que ces gouttelettes se durcissent par vitrification,
- à maintenir les perles ainsi vitrifiées à une température inférieure à la température de transition vitreuse et à les mettre en contact avec des germes de cristallisation,
- à faire cristalliser les perles en élevant la température au-dessus de la température de transition vitreuse,
- à récupérer les perles cristallisées dans un système de récupération.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait qu'il consiste à faire passer la masse fondue dans une buse de façon à former des gouttelettes, à solidifier ces dernières en les laissant tomber dans une tour à contre-courant d'un gaz froid puis à récupérer les perles vitrifiées obtenues.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé par le fait que le produit à mettre en forme est choisi dans le groupe constitué par le gaïacolate de

glycéryle, l'acide 2-(3-benzoylphényl)propionique, l'acide 2-(4-isobutylphényl)propionique et le dicarbonate de 2-méthyl-2-propyl-1,3-propanediol.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé par le fait que l'on fait fondre le produit à mettre en forme à sa température de fusion.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé par le fait que l'on fait fondre le produit à une température supérieure à au plus 5°C par rapport au point de fusion du produit.

6. Procédé selon la revendication 3, caractérisé par le fait que le produit à mettre en forme est le gaïacolate de glycéryle et ce produit est fondu à une température comprise entre 83°C et 88°C.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé par le fait que l'on transforme la masse fondue en gouttelettes par passage au travers d'une buse.

8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé par le fait que la buse utilisée est une buse à un seul trou ou une buse multi-trous avec un nombre de trous variant entre 1 et 100 trous.

9. Procédé selon la revendication 7, caractérisé par le fait que la buse utilisée comporte des perforations dont le diamètre varie entre 50 à 2000 μm .

10. Procédé selon la revendication 9, caractérisé par le fait que le diamètre des perforations varie entre 200 et 600 μm .

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 à 10, caractérisé par le fait que la buse utilisée est une buse statique.

12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 à 10, caractérisé par le fait que la buse utilisée est une buse soumise à un système de vibration de haute fréquence.

13. Procédé selon la revendication 12, caractérisé par le fait que la fréquence de vibration varie de 100 à 10 000 hertz.

14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, caractérisé par le fait que les gouttelettes sont mises en contact avec un fluide froid, de l'air ou de l'air appauvri en oxygène, dont la température est inférieure à la température de transition vitreuse du produit à mettre en forme.

15. Procédé selon la revendication 14, caractérisé par le fait que le fluide froid est un gaz froid.

16. Procédé selon la revendication 15, caractérisé par le fait que le gaz froid est l'azote.

17. Procédé selon l'une quelconque des revendications 14 à 16, caractérisé pr le fait que la température du

fluide froid, de l'air ou de l'air appauvrie en oxygène est de 10 à 20°C plus basse que la température de transition vitreuse du produit à mettre en forme.

18. Procédé selon la revendication 15 ou 16, caractérisé par le fait que le produit à mettre en forme est le gaïacolate de glycéryle et la température du gaz froid utilisé est choisie entre -60°C et -30°C.

19. Procédé selon la revendication 18, caractérisé par le fait que la température du gaz froid utilisé est choisie entre -60°C et -40°C.

20. Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 à 13, caractérisé par le fait que l'on envoie un co-courant gazeux avec le jet sortant de la buse à une température comprise entre la température ambiante et 80°C.

21. Procédé selon la revendication 20, caractérisé par le fait que le co-courant gazeux est un co-courant d'air ou d'azote.

22. Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 à 13, 20 et 21, caractérisé par le fait que le temps de séjour entre la formation de la gouttelette à la sortie de la buse et son arrivée dans le système de récupération se situe entre 1 et 10 secondes.

23. Procédé selon la revendication 22, caractérisé par le fait que le temps de séjour se situe entre 1 et 3 secondes.

24. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 23, caractérisé par le fait que l'on récupère les perles vitrifiées par la technique de lit fluide.

25. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 24, caractérisé par le fait que l'on maintient les perles vitrifiées à une température inférieure de 5 à 10°C par rapport à la température de transition vitreuse.

26. Procédé selon la revendication 25, caractérisé par le fait que le produit à mettre en forme est le gaïacolate de glycéryle et l'on maintien les perles vitrifiées de ce produit à une température choisie entre -30°C et -35°C.

27. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 26, caractérisé par le fait que les germes de cristallisation sont constitués par une faible quantité de poudre cristallisée de même nature que le produit à mettre en forme.

28. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 27, caractérisé par le fait que la quantité de germes à mettre en oeuvre représente de 0,1 à 5% par rapport au poids des perles vitrifiées.

29. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 28, caractérisé par le fait que l'on cristallise les perles en montant progressivement la température à une température entre 10 et 20°C au-dessus de la température de transition vitreuse.

30. Procédé selon la revendication 29, caractérisé

par le fait que la température est augmentée progressivement de 0,5 à 1°C par minute.

31. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 30, caractérisé par le fait que l'on récupère les perles cristallisées selon la technique de lit fluide.

32. Perles cristallisées d'un produit présentant une surfusion obtenue par le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 31.

33. Perles cristallisées selon la revendication 32, caractérisée par le fait qu'elles ont une taille exprimée par le diamètre médian d_{50} variant entre 100 μm et 3000 μm .

34. Perles cristallisées selon la revendication 33, caractérisée par le fait que le diamètre médian varie entre 500 μm et 2000 μm .

35. Perles cristallisées selon l'une quelconque des revendications 32 à 34, caractérisée par le fait que le produit mis en forme est le gaïacolate de glycéryle.

36. Perles cristallisées selon la revendication 35, caractérisée par le fait qu'elles ont une taille exprimée par le diamètre médian d_{50} variant de 500 μm à 1 000 μm .

37. Perles cristallisées selon l'une quelconque des revendications 32 à 34, caractérisée par le fait que le produit mis en forme est choisi dans le groupe constitué par l'acide 2-(3-benzoylphényl)propionique, l'acide 2-(4-isobutylphényl)propionique et le dicarbonate de 2-méthyl-2-

propyl-1,3-propanediol.

38. Perles cristallisées d'un produit présentant une surfusion telle que l'on mette en évidence une transition vitreuse et exemptes d'additifs de cristallisation.

39. Perles cristallisées selon la revendication 38, caractérisée par le fait qu'elles ont une taille exprimée par le diamètre médian d_{50} variant entre 100 μm et 3000 μm .

40. Perles cristallisées selon la revendication 39, caractérisée par le fait que le diamètre médian varie entre 500 μm et 2000 μm .

41. Perles cristallisées selon l'une quelconque des revendications 38 à 40, caractérisée par le fait que le produit mis en forme est le gaïacolate de glycéryle.

42. Perles cristallisées selon la revendication 41, caractérisée par le fait qu'elles ont une taille exprimée par le diamètre médian d_{50} variant de 500 μm à 1 000 μm .

43. Perles cristallisées selon l'une quelconque des revendications 33 à 40, caractérisée par le fait que le produit mis en forme est choisi dans le groupe constitué par l'acide 2-(3-benzoyl-phényl)propionique, l'acide 2-(4-isobutylphényl)propionique et le dicarbonate de 2-méthyl-2-propyl-1,3-propanediol.

44. Perles cristallisées comprenant au moins du gaïacolate de glycéryle.

45. Appareillage composé de trois ensembles comprenant un premier ensemble de mise en forme de perles par vitrification, un deuxième ensemble de récupération des perles vitrifiées et un troisième ensemble de cristallisation des perles vitrifiées.

46. Appareillage selon la revendication 45, caractérisé par le fait que le premier ensemble comprend une tour comprenant dans sa partie supérieure, un dispositif de fragmentation en gouttelettes et équipée dans sa partie inférieure d'une ou plusieurs arrivées d'un courant gazeux froid.

47. Appareillage selon la revendication 46, caractérisé par le fait que le dispositif de fragmentation en gouttelettes est une buse.

48. Appareillage selon l'une quelconque des revendications 45 à 47, caractérisé par le fait que le deuxième ensemble comprend un dispositif permettant d'assurer un premier lit fluidisé.

49. Appareillage selon l'une quelconque des revendications 45 à 47, caractérisé par le fait que le troisième ensemble comprend un dispositif permettant d'assurer un deuxième lit fluidisé.

Figure 1

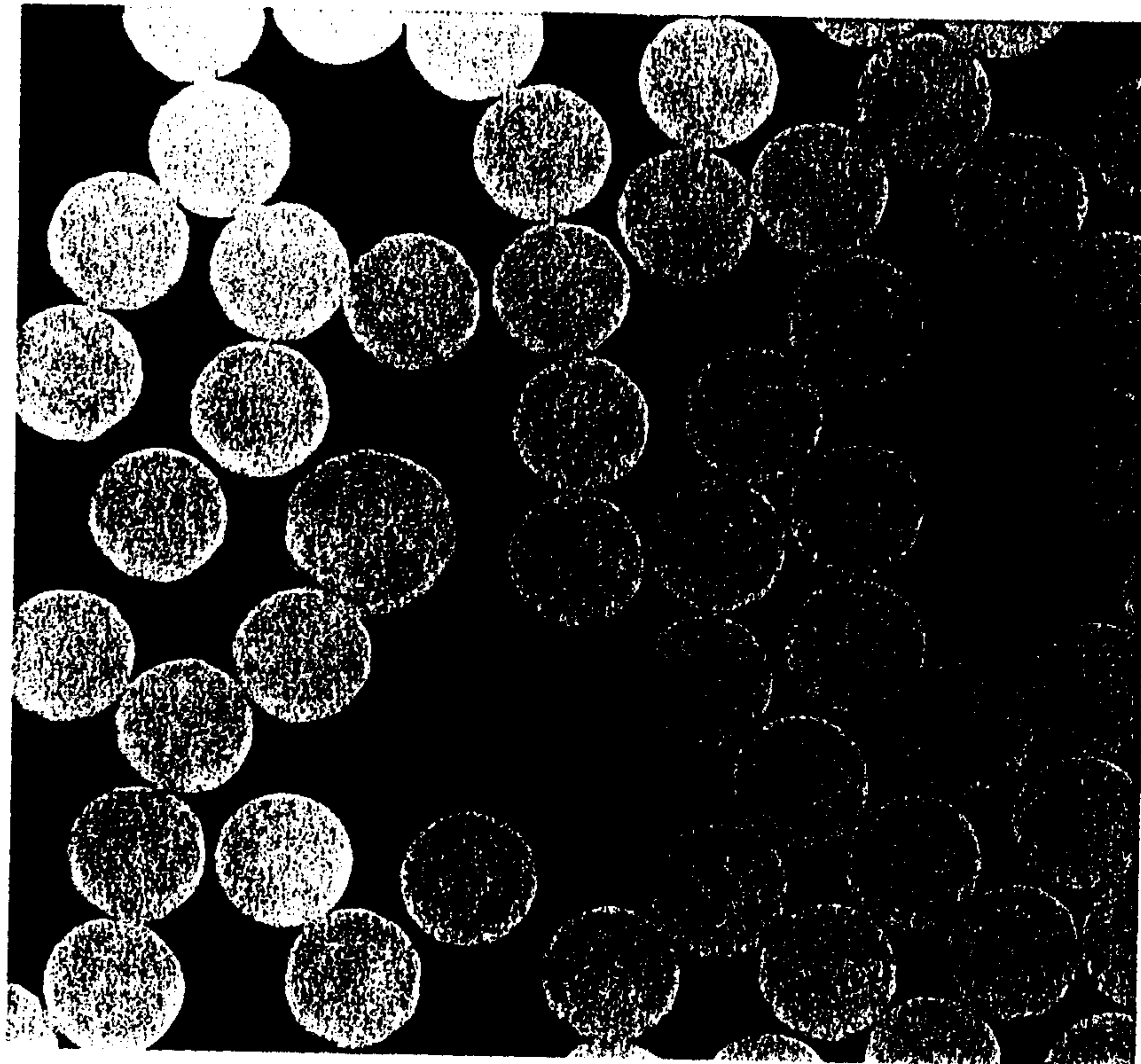
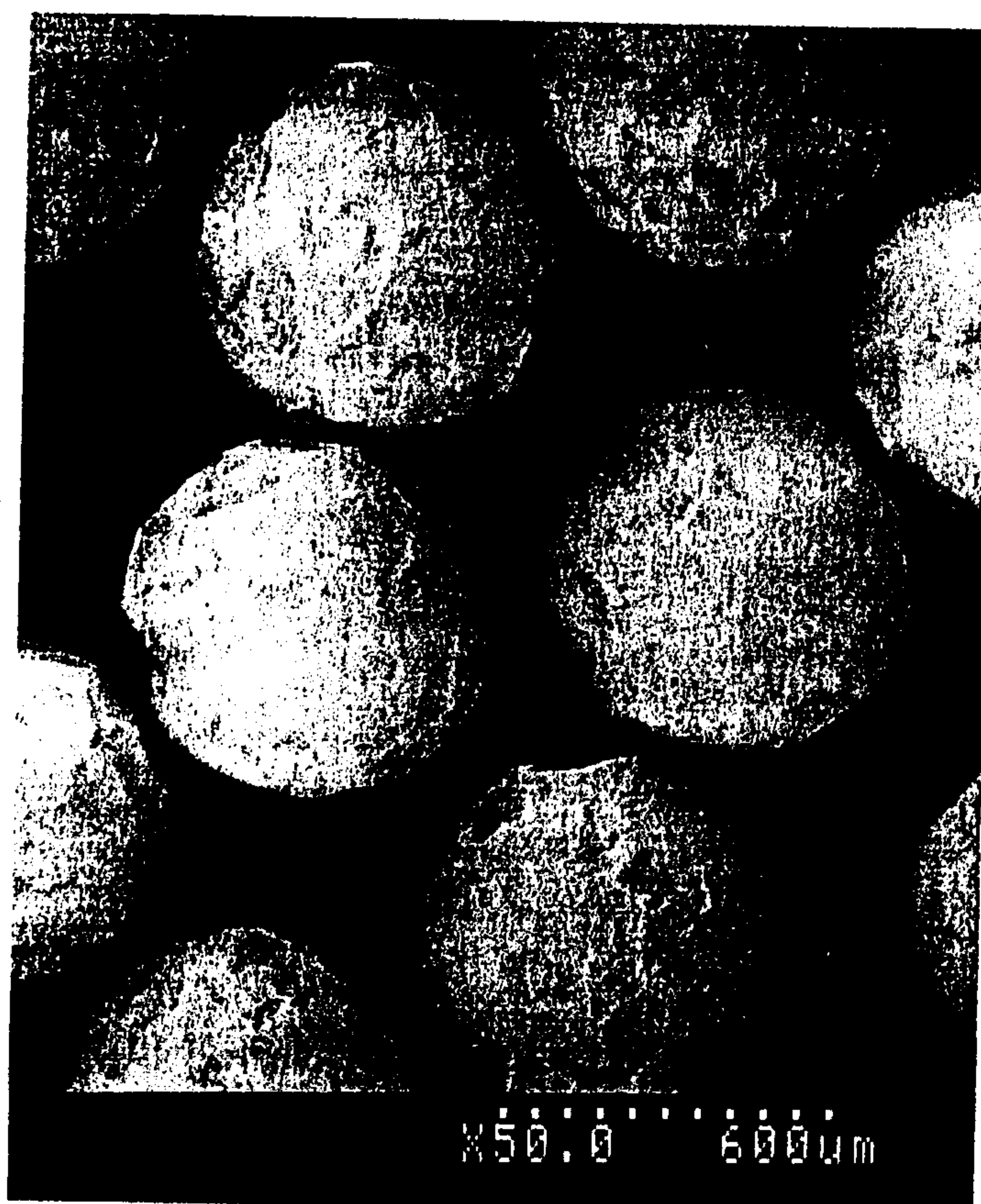


Figure 2



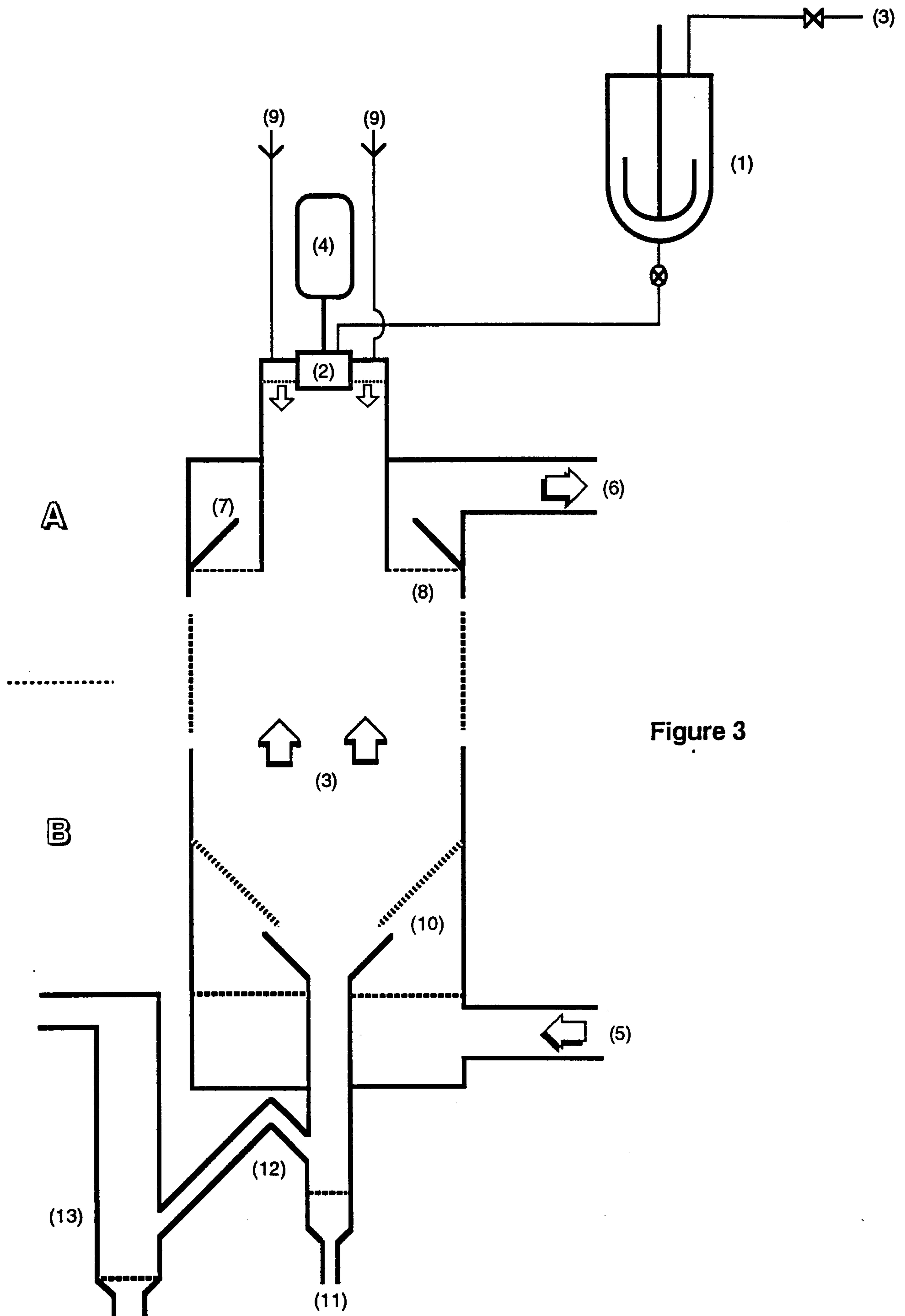


Figure 3

Figure 5

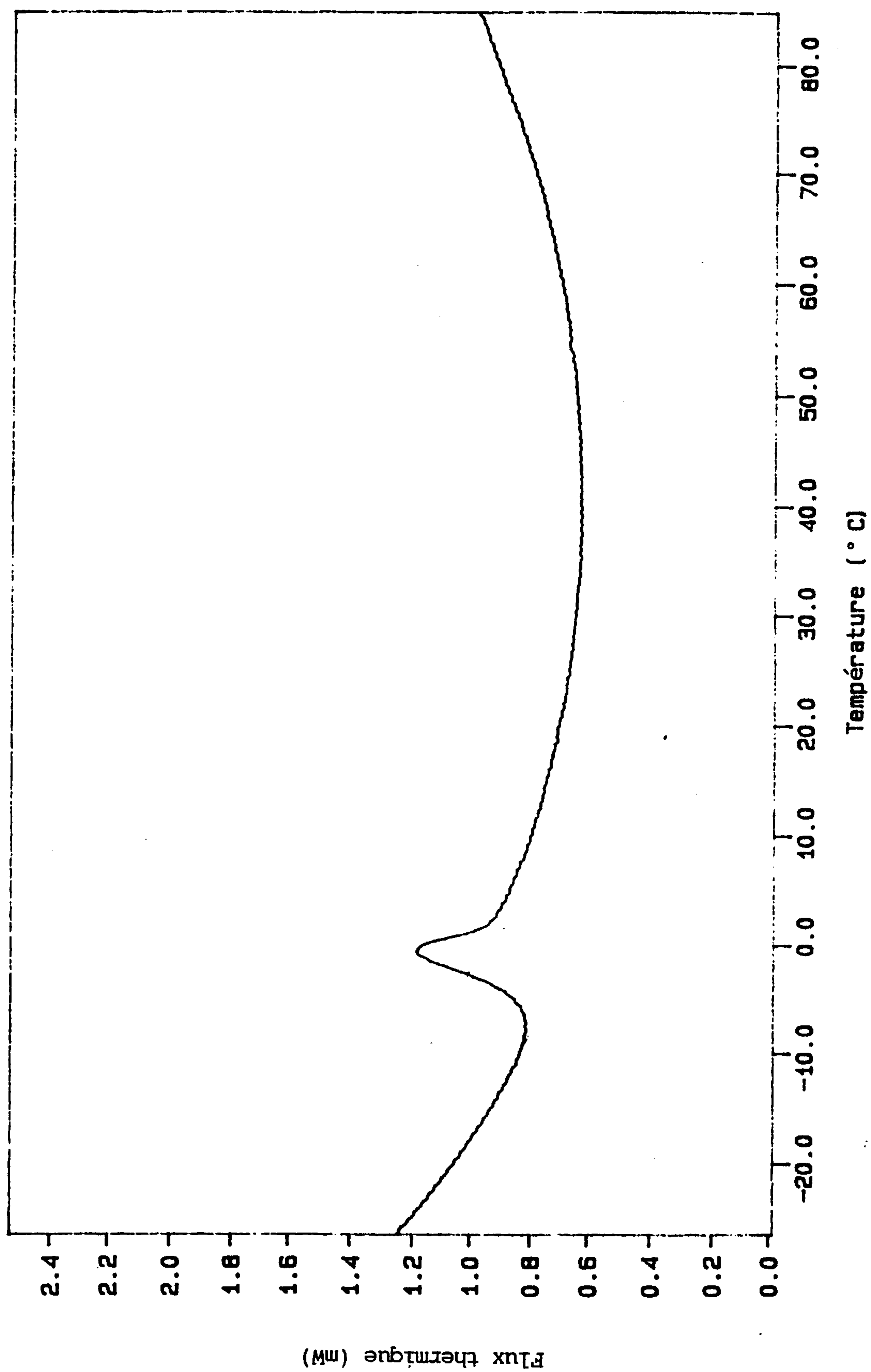


Figure 4

