

**EXAMEN EUROPEEN DE QUALIFICATION 2013**

# **Epreuve A(Ch)**

## **Chimie**

Cette épreuve contient:

- |   |                     |                     |
|---|---------------------|---------------------|
| * | Lettre du demandeur | 2013/A(Ch)/FR/1-11  |
| * | Document D1         | 2013/A(Ch)/FR/12    |
| * | Document D2         | 2013/A(Ch)/FR/13-14 |



**LETTRE DU DEMANDEUR**

Let-It-Snow AG  
Bergstrasse 123  
Bergen  
Suisse

Messieurs,

**[001]** Notre petite entreprise installée dans les Alpes suisses s'occupe de gérer des stations de ski. Il y a quelques années, nous avons constaté que les chutes de neige devenaient de plus en plus irrégulières, vraisemblablement à cause du changement climatique. Pour faire durer notre saison de ski le plus longtemps possible, nous avons entrepris des recherches en chimie afin de produire de la neige artificielle. Nous sommes maintenant convaincus d'avoir inventé quelque chose qui mérite d'être breveté, et nous vous demandons de rédiger une demande de brevet à cet effet. La procédure étant relativement coûteuse pour une petite entreprise comme la nôtre, notre politique est de ne payer aucune taxe de revendication.

**[002]** Trois propriétés de la neige sont très importantes pour la pratique du ski. La première est sa densité. La neige fraîche a typiquement une densité de 0,07 à 0,12 g/cm<sup>3</sup>. L'exposition au vent porte souvent cette densité à 0,2 - 0,3 g/cm<sup>3</sup>. Avec le temps, la neige se tasse et devient plus dense. La neige ancienne peut atteindre des densités allant de 0,4 à 0,5 g/cm<sup>3</sup>. La neige la plus dense est celle qui a survécu une année entière. Ce type de neige a une densité d'environ 0,6 g/cm<sup>3</sup>. La neige idéale pour skier a une densité de 0,2 à 0,4 g/cm<sup>3</sup>, de préférence environ 0,3 g/cm<sup>3</sup>.

**[003]** La dureté de la neige sur les pistes de ski est un paramètre lié à la densité de la neige. La neige ne doit être ni trop dure, ni trop molle. La dureté de la neige est exprimée en kg/cm<sup>2</sup> et mesurée à l'aide d'un Densosnow<sup>®</sup> par un procédé bien connu dans l'art antérieur. Pour skier, la neige devra de préférence avoir une dureté allant de 3 à 5 kg/cm<sup>2</sup>.



**[004]** Le coefficient de frottement cinétique ( $\mu_k$ ) est un paramètre pouvant être utilisé pour définir les propriétés de glissement de la neige. La neige poudreuse naturelle a un coefficient de frottement cinétique de 0,03 à 0,05. Plus le coefficient de frottement cinétique est faible, meilleures sont les propriétés de glissement sur cette neige. Des valeurs inférieures à celles de la neige naturelle (c'est-à-dire inférieures à 0,03) offrent une expérience de ski exceptionnelle. Il existe probablement aussi une valeur de coefficient de frottement cinétique minimale à laquelle la neige devient inconfortablement glissante, mais une telle neige n'a pas encore été obtenue à ce jour. Cette valeur se situerait probablement en dessous de 0,01; cependant, des valeurs aussi basses n'ayant jamais été atteintes, ceci reste du domaine de la spéculation.

**[005]** De nombreuses stations de ski utilisent les dispositifs d'enneigement artificiel pour prolonger la saison de ski. Ces dispositifs se répartissent en deux catégories : les canons et les ventilateurs. Une méthode pour fabriquer de la neige artificielle au moyen de dispositifs d'enneigement artificiel comprend l'atomisation d'eau sous pression dans l'air à une température inférieure à 0°C, pour produire de fines particules de glace. La neige artificielle ainsi obtenue contient au moins 10% en poids d'eau, présente une densité allant de 0,3 à 0,4 g/cm<sup>3</sup>, et une dureté inférieure à 1 kg/cm<sup>2</sup>. Une telle neige artificielle s'altère plus vite que la neige naturelle, et dans certains cas devient en l'espace de quelques jours de la neige en grain, avec des particules d'un diamètre externe de 1 à 5 mm. Cette neige en grain est gênante pour les skieurs.

**[006]** La société SNOWY, d'un village voisin, vient d'annoncer dans la presse locale qu'elle garantissait la présence de neige. Elle y parvient en utilisant un type de neige artificielle. Je joins une copie de cette annonce (document D1). Nous avons tenté d'obtenir des informations sur la composition de la neige utilisée par SNOWY, cependant, vu la rivalité ancestrale entre nos deux villages, les employés de SNOWY n'ont rien voulu nous dire. Un de nos employés a prélevé un petit échantillon que nous avons envoyé à un laboratoire pour analyse chimique. Le laboratoire n'était pas très spécialisé, mais il a pu déterminer que cet échantillon ne contenait ni silicium ni fluor. À notre connaissance, SNOWY n'a rien publié d'autre concernant sa neige artificielle.



**[007]** Dans notre petit laboratoire, nous avons à présent développé un nouveau type de neige artificielle qui a des propriétés très similaires à la neige naturelle du point de vue de la pratique du ski. En fait, nous avons constaté que dans la plupart des circonstances, il est plus agréable de skier sur notre neige artificielle que sur la neige naturelle.

**[008]** Nous avons trouvé une façon d'obtenir une neige artificielle ayant un coefficient de frottement cinétique ( $\mu_k$ ) similaire à celui de la neige poudreuse naturelle et de bonnes propriétés de glissement pour la pratique du ski, ainsi que des granules de neige artificielle pour la fabrication de cette neige. Un granule de neige est une particule sphérique de polymère superabsorbant capable d'absorber de l'eau en grande quantité. Le granule de neige conserve sa forme sphérique d'origine après l'absorption de l'eau. Par ailleurs, les granules de neige ne collent pas les uns aux autres.

**[009]** Les polymères superabsorbants comprennent des homopolymères ou des copolymères de l'acide acrylique, de l'acide méthacrylique, de sels de l'acide acrylique ou de sels de l'acide méthacrylique. La préférence va aux copolymères de l'acide acrylique et de l'acide méthacrylique. Comme vous le savez sans doute, les copolymères sont des polymères dans lesquels le polymère est constitué d'une combinaison de deux monomères différents qui sont polymérisés l'un avec l'autre, le polymère résultant comprenant donc un mélange des différentes unités monomériques. Les polymères se présentent préférentiellement sous la forme de granules sphériques. De tels granules sphériques sont préparés par polymérisation à inversion de phase, la polymérisation ayant lieu dans un système à deux phases comprenant une phase aqueuse et une phase constituée d'un solvant organique. Dans la présente polymérisation à inversion de phase, on dissout un monomère hydrophile dans l'eau. Cette solution est ensuite émulsifiée dans une phase hydrophobe oléagineuse continue. La polymérisation est favorisée par l'utilisation d'un initiateur hydrosoluble tel qu'un persulfate hydrosoluble (comme le persulfate de potassium ou le persulfate d'ammonium) ou le peroxyde d'hydrogène. La présence d'un tel initiateur est essentielle. Il doit représenter, en poids, entre 0,1 et 2,0% du monomère utilisé, de préférence de 0,2 à 1,0%.



**[010]** La concentration des monomères (acide acrylique, acide méthacrylique, ou leurs sels) dans la solution aqueuse est de préférence de 35 à 75% en poids et préférentiellement de 40 à 70%. Il est évident que pour produire un copolymère, un mélange des différents acides ou de leurs sels est utilisé.

**[011]** La seconde phase de la polymérisation à inversion de phase est constituée par un solvant organique aliphatique. Des solvants se prêtant à une utilisation dans la polymérisation à inversion de phase comprennent les hydrocarbures aliphatiques tels que le n-pentane, le n-hexane, le n-heptane, le n-octane, ou les hydrocarbures alicycliques tels que le cyclohexane et le méthylcyclohexane, ainsi que la décaline. Les solvants préférés sont le n-hexane, le n-heptane ou le cyclohexane.

**[012]** Il est essentiel de réticuler le polymère au moyen d'un agent de réticulation pour obtenir des polymères superabsorbants. La réticulation consiste en une liaison covalente qui relie une chaîne polymérique à une autre. Pour la fabrication de nos granules de neige, l'agent de réticulation doit comporter deux groupes hydroxyles capables de réagir avec un groupe carboxyle ou carboxylate du polymère. Les agents de réticulation devant être utilisés sont des alcanediols linéaires ayant de 2 à 5 atomes de carbone. Le butanediol s'est révélé être un très bon agent de réticulation.

**[013]** La quantité d'agent de réticulation doit se situer dans le domaine de 0,05 à 2% en poids du polymère, selon l'agent de réticulation employé. Si cette quantité est inférieure à 0,05% en poids, la résistance mécanique des granules gonflés d'eau devient mauvaise. Si cette quantité est supérieure à 2% en poids, la densité de réticulation devient trop élevée, et le pouvoir hydroabsorbant diminue considérablement. Le degré de réticulation est très important pour la forme des granules.

**[014]** La réticulation peut s'effectuer en présence d'une substance minérale solide telle que le graphite, le talc, l'hydrotalcite ou la silice pulvérisée. La présence de ces composés minéraux augmente la fluidité des granules obtenus. On donne la préférence à des substances minérales telles que le graphite et l'hydrotalcite en raison de leur structure feuilletée. Ces substances minérales sont préférentiellement présentes en une quantité de 0,5 à 1,0% en poids du mélange réactionnel.



**[015]** Les polymères superabsorbants tels que décrits ci-dessus sont bien connus dans l'état de la technique. Deux d'entre eux sont disponibles dans le commerce sous les marques de fabrique Sorbeau<sup>®</sup> and Wassersorb<sup>®</sup>. Leur procédé de fabrication est également connu, comme le démontre le document D2.

**[016]** Les polymères superabsorbants décrits ci-dessus sont en tant que tels utilisables comme neige artificielle, mais ils ne donnent pas un produit qui ressemblerait d'une manière ou d'une autre à la neige naturelle. Pour obtenir les propriétés susmentionnées, les granules de polymère superabsorbant doivent être revêtus d'un polymère contenant du fluor ou revêtus d'une huile de silicone. Ce revêtement empêche les granules de coller les uns aux autres. Le revêtement améliore aussi les propriétés de glissement de la neige. On applique ce revêtement de surface après la polymérisation à inversion de phase, en mettant les granules en contact avec une solution d'un hydrocarbure aliphatique dans lequel une huile de silicone ou un polymère contenant du fluor est dissout. Ce revêtement n'est pas compatible avec d'autres polymères superabsorbants.

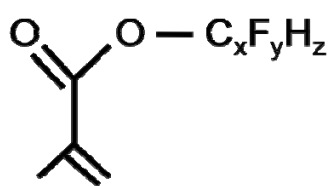
**[017]** La quantité pondérale en polymère contenant du fluor ou en huile de silicone est de 0,1 à 10%, de préférence de 0,5 à 3% du poids total de polymère superabsorbant. Aucune amélioration des propriétés de glissement sur des skis n'est observée lorsque cette quantité est inférieure à 0,1% en poids. D'un autre côté, il n'y a pas d'amélioration supplémentaire des propriétés de glissement quand cette quantité dépasse 10% en poids.



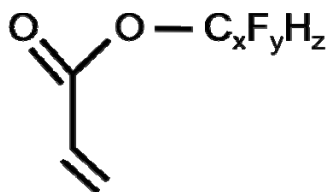
**[018]** Des polymères contenant du fluor appropriés sont les polymères et copolymères à base de fluoroalkyle(méth)acrylate obtenus par polymérisation d'un (méth)acrylate contenant du fluor en tant que monomère. Le groupe fluoroalkyle comprend de 1 à 5 atomes de carbone et au moins 2 atomes de fluor. Les polymères sont polymérisés jusqu'à un poids moléculaire de 500 à 5 000, de façon à avoir la consistance d'un liquide visqueux.

Les monomères utilisés présentent les formules générales suivantes :

(formule (i) = méthacrylate et formule (ii) = acrylate) :



(i)



(ii)

où  $x = 1$  à  $5$ ,  $y \geq 2$ ,  $y+z = 2x+1$ .

**[019]** Le polymère contenant du fluor préféré est constitué par un (co)polymère acrylique obtenu à partir d'un fluoroalkyle(méth)acrylate dans lequel le groupe fluoroalkyle comporte 3 atomes de fluor et 2 à 4 atomes de carbone. Ces monomères et polymères peuvent être obtenus chez Halopol Inc. Nous pensons que tous les polymères contenant du fluor peuvent être utilisés à la place des polymères et copolymères à base de fluoroalkyle(méth)acrylate.

**[020]** Comme indiqué plus haut, une huile de silicone peut être utilisée à la place du polymère contenant du fluor. La préférence est donnée aux huiles de silicone dont la viscosité est de 100 à 1000 mm<sup>2</sup>/s à 25°C. Des exemples typiques sont les huiles de méthylsilicone, de fluorométhylsilicone et de phénylméthylsilicone. Des résultats d'une qualité surprenante sont obtenus en ayant recours à la combinaison d'une huile de silicone et d'un polymère contenant du fluor. Un tel mélange est vendu comme additif pour les huiles de moteurs.



**[021]** Le polymère superabsorbant est granulaire. La taille moyenne des granules de polymère superabsorbant se situe généralement dans le domaine de 20 à 500  $\mu\text{m}$  avant l'absorption d'eau, et dans le domaine de 0,05 à 2 mm après l'absorption d'eau. Quand la taille des granules avant l'absorption d'eau est inférieure à 20  $\mu\text{m}$ , on obtient une neige très dure du fait que les granules sont trop fins. Si la taille des granules dépasse 500  $\mu\text{m}$ , la neige artificielle prend la forme de neige en grain. Les inconvénients de ce type de neige ont été mentionnés plus haut. Les polymères conservent leur forme après l'absorption d'eau.

**[022]** Pour des performances optimales, il importe que les granules soient aussi sphériques que possible. Le coefficient de sphéricité est un paramètre bien connu, souvent utilisé pour décrire la forme des granules. Une sphère parfaite a un coefficient de sphéricité égal à 1.

**[023]** Les granules doivent avoir un coefficient de sphéricité d'au moins 0,8 et de préférence supérieur à 0,9. Au-dessus de 0,95 les propriétés de la neige artificielle du point de vue de la pratique du ski sont meilleures que celles de la neige naturelle.

**[024]** Des granules sphériques en polymère superabsorbant sont préférés pour les raisons suivantes :

- i) ils sont faciles à manipuler,
- ii) ils produisent des granules sphériques de neige artificielle qui donnent de bonnes propriétés de glissement et
- iii) ils peuvent être facilement mélangés à la neige naturelle.



**[025]** Les granules sont transformés en neige artificielle par absorption d'eau. Pour obtenir de la neige artificielle, les granules doivent absorber au moins 5 fois leur poids d'eau. L'absorption d'eau s'effectuera de préférence près de l'endroit d'utilisation des granules, car le transport des granules secs est moins cher. L'absorption d'eau est effectuée de préférence à une température supérieure à 10°C, car la cinétique d'absorption est meilleure au-dessus de 10°C. Après l'absorption de l'eau, les granules doivent être refroidis. Toute méthode connue de refroidissement peut être utilisée. Le refroidissement s'effectue de préférence au moyen de liquides de refroidissement tels que l'azote liquide ou l'air liquide, car ces liquides peuvent être facilement mélangés aux granules, ce qui conduit à un refroidissement rapide.

**[026]** Après ce refroidissement, les granules peuvent être soit stockés, soit répandus immédiatement sur les pistes de ski, de préférence à l'aide d'un canon à neige.

### Exemples

**[027]** Plusieurs expériences ont été effectuées pour montrer les avantages de notre nouvelle neige artificielle.

#### Exemple 1 :

**[028]** Dans cet exemple, on a étudié l'effet du revêtement des granules de polymère avec des matériaux contenant du fluor ou avec de l'huile de silicone. Tous les échantillons contenaient 1% en poids de butanediol comme agent de réticulation et avaient un coefficient de sphéricité de 0,90.

**[029]** Les polymères superabsorbants suivants ont été utilisés :

A : polyacrylate, poids moléculaire de 100 000

B : polyméthacrylate, poids moléculaire de 98 000

C : copolymère d'acide acrylique et d'acide méthacrylique, poids moléculaire de 101 000.



**[030]** Tous les polymères ont été synthétisés par le procédé de polymérisation à inversion de phase décrit plus haut. Le cyclohexane a été utilisé comme solvant.

**[031]** En ayant recours à l'hexane comme solvant, on a revêtu les granules obtenus à partir de ces polymères avec deux polymères différents contenant du fluor ou avec une huile de silicone, à savoir :

X : polymère du trifluoroéthylacrylate (poids moléculaire de 1 500)

Y : polymère du difluorométhylméthacrylate (poids moléculaire de 1 500)

Z : huile de silicone d'une viscosité de 500 mm<sup>2</sup>/s à 25°C.

Dans tous les cas, la quantité d'huile de silicone ou de polymère contenant du fluor était de 2% en poids par rapport à la quantité totale de granules de polymère.

Dans le tableau 1 ci-dessous, A+X signifie que les granules de polymère A sont revêtus de l'agent de revêtement X. Dans les exemples comparatifs, les granules des polymères A, B et C sont utilisés sans revêtement.

**Tableau 1** : Effet du type de polymères utilisés

	Densité de la neige sur la piste (g/cm <sup>3</sup> )	Dureté de la neige sur la piste (kg/cm <sup>2</sup> )	Coefficient de frottement cinétique (μk)
A+X	0,35	3 – 4	0,035
A+Y	0,34	3,5 – 4,5	0,032
A+Z	0,37	3 – 5	0,041
A (comparatif)	0,40	2 – 4	0,082
B+X	0,33	3,5 – 4	0,037
B+Y	0,35	3 – 4	0,036
B+Z	0,39	4 – 5	0,042
B (comparatif)	0,42	2 – 4	0,089
C+X	0,29	3 – 4	0,029
C+Y	0,30	3 – 3,5	0,031
C+Z	0,35	4 – 5	0,039
C (comparatif)	0,39	3 – 5	0,068



**Exemple 2 :**

**[032]** Dans cet exemple, on a étudié l'effet du revêtement des granules de polymère avec un mélange d'huile de silicone et d'un polymère contenant du fluor. De nouveau, les échantillons avaient un coefficient de sphéricité de 0,90 et contenaient 1% en poids d'agent de réticulation. Les composants A, X, Y et Z étaient les mêmes que ceux identifiés dans l'exemple 1. Tout comme dans l'exemple 1, la quantité d'huile de silicone ou de polymère contenant du fluor était égale à 2% sur la base de la quantité totale de granules de polymère. Quand on a utilisé les deux composés, leur quantité totale était de 2% sur la base de la quantité totale de granules de polymère.

**Tableau 2 :** Effet du mélange d'huile de silicone avec des polymères contenant du fluor

	Coefficient de frottement cinétique ( $\mu\text{k}$ )
A+X+Z	0,029
A+Y+Z	0,027
A+X	0,035
A+Y	0,032
A+Z	0,041



**Exemple 3 :**

**[033]** Dans cet exemple, on a examiné l'effet du coefficient de sphéricité des granules. On a influencé le coefficient de sphéricité en changeant la quantité d'agent de réticulation pendant la réaction de polymérisation à inversion de phase. La quantité exacte d'agent de réticulation peut aisément être déterminée pour un coefficient de sphéricité donné. Il ressort clairement du tableau 3 que les granules dont le coefficient de sphéricité était inférieur à 0,8 avaient des propriétés inférieures. Ces granules ne sont pas appropriés à l'usage en tant que neige artificielle. Le tableau 3 montre en outre que les granules dont le coefficient de sphéricité est supérieur à 0,95 avaient des propriétés extrêmement bonnes.

**Tableau 3** : Effet du coefficient de sphéricité sur les propriétés de la neige

Coefficient de sphéricité	Coefficient de frottement cinétique ( $\mu_k$ )
0,71	0,061
0,80	0,031
0,90	0,029
0,96	0,020

Sincères salutations,

S. Nowman



**Document D1**

SNOWY AG

Neige garantie durant toute la saison!

**[001]** Quoi de plus irritant que d'arriver à votre station de ski et de constater qu'il n'y a pratiquement pas de neige?

**[002]** Nos pistes de ski situées dans les Alpes suisses sont réputées pour la qualité de leur neige et les possibilités innombrables d'y pratiquer le ski. Toutefois, comme vous le savez, depuis un passé récent de plus en plus de jours de la saison de ski sont perdus par manque d'enneigement des pistes.

**[003]** Nous avons investi beaucoup de temps pour surmonter ce problème et pour vous fournir de la neige pendant toute la saison. Et nous y sommes enfin parvenus! Nous sommes la seule station de ski en Suisse (et probablement même dans le monde entier) à vous garantir la présence de neige sur les pistes!

**[004]** Les jours où il n'y a pas de neige naturelle, nous fournissons de la neige artificielle grâce à notre nouvelle technologie basée sur les polymères hydroabsorbants. Nous ne voulons pas vous ennuyer avec les détails chimiques, mais croyez-nous, skier sur nos pistes de neige artificielle revient à skier sur de la neige naturelle!

**[005]** Les personnes intéressées par la technique aimeront savoir que nous fabriquons de la neige artificielle d'une densité d'environ  $0,3 \text{ g/cm}^3$ , d'une dureté d'environ  $4 \text{ kg/cm}^2$  et d'un coefficient de frottement cinématique de 0,03 à 0,05, ou encore plus faible. Parfois la sensation sur notre neige artificielle est même meilleure que sur de la neige naturelle.

**[006]** Réservez dès maintenant pour en profiter cette saison!



## Document D2

### **Polymères superabsorbants et leurs utilisations**

**[001]** Les polymères superabsorbants sont des polymères hydrophiles non solubles dans l'eau, capables de gonfler et d'absorber des quantités d'eau ou de solution saline pouvant atteindre 10 à 1000 fois leur propre masse. Leur capacité à absorber des solutions salines telles que l'urine est très importante, car ces polymères trouvent leur application principale dans les produits de soins des personnes et d'hygiène, par exemple des couches-culottes jetables, les serviettes hygiéniques, les lingettes, les éponges, etc. Mais de nombreuses autres applications de ces polymères sont en cours de développement. Par exemple, on utilise les polymères superabsorbants pour déshydrater les huiles et les carburants, comme épaississants, et comme agents de libération prolongée dans les produits pharmaceutiques ou agrochimiques. Récemment, on a pu lire que des granules obtenus à partir de ces polymères pourraient être utilisables comme neige artificielle. Des essais sont en cours dans une station de ski en Suisse.

**[002]** De nombreuses recherches ont été effectuées sur ce type de polymères, notamment parce que les produits de soins de la personne et d'hygiène représentent un énorme marché mondial.

**[003]** Il y a différents types de polymères superabsorbants. Toutefois, les polymères superabsorbants les plus importants utilisés actuellement peuvent être classés dans trois catégories principales :

1. Polymères greffés d'acrylonitrile de cellulose ou d'amidon,
2. Polyacrylates et polyacrylamides réticulés,
3. Copolymères réticulés d'anhydride maléique.

Tous ces polymères sont disponibles dans le commerce.

**[004]** Les polymères superabsorbants les plus intéressants sont les polyacrylates et les polyacrylamides réticulés. Ces polymères sont préparés par des techniques de polymérisation bien connues.



**[005]** Ces polymères sont généralement obtenus par polymérisation à inversion de phase. Dans la polymérisation à inversion de phase, la polymérisation a lieu dans un système à deux phases, une phase aqueuse et une phase comprenant un solvant organique aliphatique. La polymérisation est favorisée par l'utilisation d'un initiateur hydrosoluble tel qu'un persulfate hydrosoluble (comme le persulfate de potassium ou le persulfate d'ammonium, ou le peroxyde d'hydrogène). La présence d'un tel initiateur est importante. Sa quantité doit être dans le domaine de 0,1 à 2,0 % en poids du monomère utilisé, et de préférence de 0,2 à 1,0 % en poids.

**[006]** Les concentrations en monomère dans la solution aqueuse sont généralement dans le domaine de 35 à 75% en poids.

**[007]** La seconde phase de la polymérisation à inversion de phase est formée par un solvant organique aliphatique. Des exemples de solvants de ce type se prêtant à une utilisation dans la polymérisation à inversion de phase comprennent les hydrocarbures aliphatiques tels que le n-pentane, le n-hexane, le n-heptane et le n-octane ou les hydrocarbures alicycliques tels que le cyclohexane et le méthylcyclohexane, ainsi que la décaline.

**[008]** Pour que les polymères puissent absorber l'eau, il faut qu'ils soient réticulés. Tout composé ayant deux ou plus de deux groupes fonctionnels capables de réagir avec le groupe carboxyle ou carboxylate du polymère peut faire office d'agent de réticulation. La quantité d'agent de réticulation est généralement d'environ 1% en poids rapporté au poids du polymère. Le butanediol est un très bon agent de réticulation.

**[009]** La réticulation peut être effectuée en présence d'une substance minérale solide telle que le graphite, le talc, l'hydrotalcite ou la silice pulvérisée.

**[010]** Les granules obtenus à partir de ces polymères ont de très bonnes propriétés d'absorption.

