

d'eau. Si l'humidité ambiante est grande, un gramme de chlorure de calcium «absorbe» jusqu'à un gramme d'eau. Dans la pratique, la capacité d'absorption des cristaux utilisés dans les sachets et dans les autres absorbeurs d'humidité est d'un demi-gramme d'eau par gramme, car le chlorure de calcium y est associé à d'autres composés indispensables au bon conditionnement. Grâce à cette capacité d'absorption, on contrôle l'humidité de l'air ambiant. À 20 °C, de l'air saturé (cent pour cent d'humidité) contient une dizaine de grammes d'eau par mètre cube. Dans un tel climat, un sachet de 100 grammes de chlorure de calcium suffit pour maintenir sèche une grande armoire (environ deux mètres cubes). La méthode n'a qu'un inconvénient : le chlorure de calcium absorbe tellement l'humidité, qu'il en devient déliquescant : il se transforme en une saumure peu esthétique dont il faut se débarrasser régulièrement.

GEL DE SILICE

Si cette saumure ne nous convient pas, nous pouvons revenir à notre idée première et utiliser un matériau solide offrant une très grande surface à l'eau, comme des granules de «gel» de silice. Une molécule de silice est constituée d'un atome de silicium et de deux atomes d'oxygène (SiO_2). Le gel de silice est constitué de granules de quelques millimètres de diamètre, très poreux (un quart de leur volume est vide). Ce squelette de silice, obtenu par évaporation du solvant d'une suspension de silice (gélifiée) dans ce même solvant, a une masse volumique de seulement 0,7 gramme par centimètre cube.

Le vide interne de chaque grain est constitué par une multitude de pores interconnectés de taille «nanoscopique», formant une surface totale considérable. Ainsi, chaque gramme de gel de silice présente une surface interne de 700 mètres carrés et un volume interne de 0,35 centimètre cube. Au cours de la préparation du gel de silice, on fabrique de nombreux groupements polaires qui attirent l'eau.

La surface interne des grains de silice est donc «friande» d'eau. En se gorgeant, les pores de la silice fixent jusqu'à 0,35 gramme d'eau par gramme, soit un peu moins que le chlorure de calcium, mais sans l'inconvénient de la formation de saumure : même saturée d'eau, la silice reste sèche au toucher. Ces avantages expliquent que l'on en trouve partout, au sein des emballages d'appareils photographiques comme dans ceux des médicaments. Les déshydratateurs industriels qui fonctionnent par adsorption en contiennent aussi : l'air à traiter y est envoyé à travers le gel de silice où il abandonne sa vapeur d'eau. Pour faire «rendre son eau» au gel de silice, il suffit de le chauffer jusqu'à 130 °C. Ainsi, l'oxyde de silicium, l'un des minéraux les plus courants à la surface de la Terre, permet de produire un déshydratant d'usage non seulement universel, mais réversible !

Est-il vraiment utilisé partout ? Les jeunes parents connaissent les réveils nocturnes résultant de l'irritation des fesses mouillées de bébé. Les couches contiennent-elles du gel de silice ? Non. Chaque miction représente environ 50 grammes de liquide et pour absorber les trois mictions de bébé, pas moins de 430 grammes de gel de silice seraient nécessaires. Or, nous savons que les couches de bonne qualité ne deviennent pas humides malgré leur finesse et qu'elles pèsent moins de 100 grammes ! Que contiennent-elles ?

De l'acide acrylique polymérisé, c'est-à-dire de longues chaînes dont chacun des maillons est une molécule d'acide acrylique. Sec, ce polymère a l'aspect d'un sel, car pour le produire, on doit notamment neutraliser l'acide acrylique avec de la soude ou de la potasse. De ce fait, le polymère contient de nombreux atomes d'oxygène chargés négativement liés à des ions sodium ou potassium chargés positivement. En outre, les chaînes sont connectées par des liaisons moléculaires élaborées au



La masse de polyacide acrylique contenue dans une couche-culotte absorbe et y fixe jusqu'à un demi-litre d'eau. L'ajout de chlorure de sodium ou de tout autre sel en libère la plus grande partie.

moment de la préparation. Au final, ce polymère forme un réseau tridimensionnel comparable à des spaghettis reliés par un grand nombre de fils de fromage fondu.

Comment ce gel se comporte-t-il en présence d'eau ? Avec l'acide acrylique polymérisé, les physiciens pensent avoir réalisé une sorte d'«éponge ultime», dont les pores sont de taille moléculaire. En outre, puisque le réseau formé par les chaînes de ce polymère contient de nombreux cations de sodium et de potassium et de nombreux anions d'oxygène, il constitue un véritable «paradis» pour une molécule polaire comme l'eau. Une fois introduites dans le réseau, les molécules d'eau trouvent mille partenaires à qui se lier : tandis que certaines se rapprochent des ions d'oxygène négatifs, d'autres entourent les ions positifs (les hydratent). Ainsi partiellement libérés de l'attraction électrostatique des ions positifs, les ions d'oxygène négatifs se repoussent ; les chaînes du polymère se déplient et le volume du matériau augmente. Toutefois, les liaisons inter chaînes sont suffisamment solides pour que le matériau gonfle sans se dissoudre : il ne donne pas la saumure exécrée. Les résultats obtenus grâce à l'acide acrylique polymérisé sont vertigineux : ce matériau absorbe de 500 à 3 000 fois sa masse d'eau distillée !

Hélas, l'absorption est plus faible avec de l'eau salée ou de l'urine qui contiennent des ions. Ces derniers retiennent les molécules d'eau, contrecarrant ainsi l'attraction exercée par les ions qui se trouvent au sein du polymère. Pour cette raison, la masse de polymère absorbe seulement environ 30 fois sa masse. Une couche absorbe, par exemple, jusqu'à 500 grammes d'eau et la fixe si bien qu'elle y reste même si on comprime le polymère (bébé s'assoit).

Ce type de super absorbant n'est plus cantonné aujourd'hui aux couches-culottes ou aux serviettes hygiéniques. Coincé entre deux couches de tissus, il joue les déshydratants dans les barquettes alimentaires. Mélangé avec du caoutchouc, il donne un mortier d'étanchéité incroyablement efficace. Un tel mélange a par exemple été utilisé pour prévenir les infiltrations d'eau du tunnel sous la Manche. Si de l'eau parvient près du mortier, celui-ci gonfle, bouchant ainsi les fractures d'une barrière imperméable. Jamais, nous n'aurions imaginé un super absorbant capable de bloquer la Manche !

Jean-Michel COURTÉY est physicien, chargé de recherche au CNRS. Édouard KIERLIK est physicien et maître de conférences à l'Université Pierre et Marie Curie.

F. BUCHHOLZ, *Journal of chemical education*, vol. 73, p. 512, 1996.

P.-G. de GENNES, F. BROCHARD-WYARD et D. QUÉRÉ, *Gouttes, bulles, perles et ondes*, Belin, 2002.