

Éclairage scientifique

De la colle blanche au slime

Chimie
 Cycles 2 et 3

La colle blanche : constitution et mode d'action

La colle est un exemple de matériau polymère ou, plus simplement, polymère. Les matériaux plastiques sont dans tous les cas des polymères, qu'ils soient issus de l'industrie pétrochimique ou biosourcés. On définit un polymère comme un assemblage de très longues molécules carbonées, appelées macromolécules. Une façon de se figurer un polymère est d'imaginer une macromolécule comme un long spaghetti, flexible et libre de se replier n'importe comment. Le polymère est l'ensemble de ces macromolécules, c'est le plat de pâtes en somme.

La colle PVA (polyvinylacétate, aussi appelée colle blanche) est commercialisée sous forme d'émulsion dans l'eau : de fines gouttelettes de polymère sont dispersées dans l'eau, ce qui assure ses propriétés mécaniques d'écoulement et sa fluidité. Au sein de chaque gouttelette de polymère, les macromolécules sont emmêlées les unes dans les autres avec de l'eau. Elles forment une pelote, un peu comme des spaghettis cuits dans leur eau de cuisson.

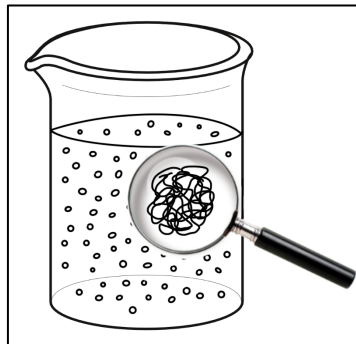
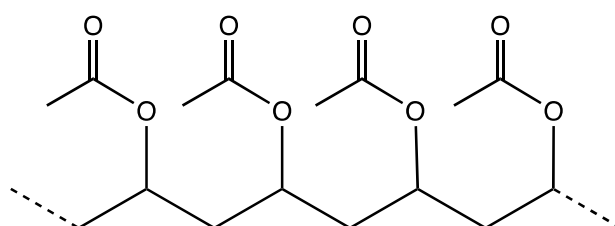


Figure : représentation schématique d'une émulsion de macromolécules dans l'eau.

Une fois la colle appliquée sur les surfaces à assembler, l'eau s'évapore, les gouttelettes s'agglomèrent et les macromolécules présentes dans les gouttelettes se retrouvent emmêlées les unes dans les autres. Le polymère prend alors en masse et maintient les parties collées par l'intermédiaire des interstices présents dans le milieu. C'est pourquoi cette colle est efficace avec les milieux poreux comme le bois ou le papier, mais bien moins avec les surfaces lisses comme le métal ou le verre.

D'un point de vue structural, la macromolécule constituant le polymère PVA comporte un motif de répétition avec une fonction acétate $[-(\text{CH}_2-\text{CH}(\text{OCOCH}_3))_n-]$. Une chaîne est schématisée ci-après :



Dans la colle « séchée », les macromolécules forment un réseau enchevêtré à trois dimensions, les chaînes moléculaires présentent de fortes interactions les unes avec les autres (appelées interactions de Van der Waals), ce qui confère sa rigidité au matériau. Pour l'image, on peut se figurer un plat de spaghettis cuits, qui ont complètement séché.

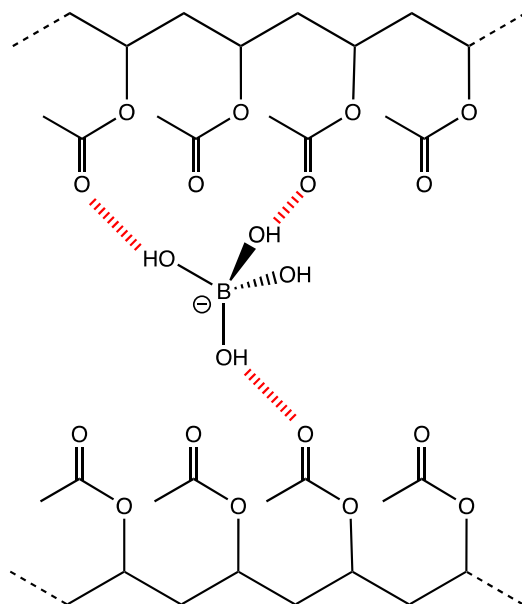
Le « slime »

Les recettes varient, mais toutes présentent plusieurs points communs. Dans tous les cas, il faut :

- de la colle PVA ;
- un additif : borax, collyre ophtalmique, carbonate... ;
- éventuellement, de l'eau, en fonction de la consistance de la colle blanche.

Après dilution éventuelle de la colle avec une petite quantité d'eau, l'additif est ajouté et le mélange vigoureusement agité. Après quelques instants, une pâte visqueuse et peu collante est obtenue. Les enfants peuvent alors jouer avec et en tester les propriétés : c'est une substance fluide, qui s'écoule entre les doigts comme un liquide, mais qui rebondit sur une surface dure comme un solide.

Sortie de son pot, la colle PVA est diluée : les macromolécules des gouttelettes sont espacées les unes des autres par de l'eau, la suspension se comporte comme un véritable liquide. Lorsque l'additif est ajouté, des ponts se créent entre les chaînes (par des interactions de Van der Waals et/ou des liaisons hydrogènes), un peu comme des nœuds lâches. Les chaînes ne sont plus aussi libres que dans la colle de départ, mais elles gardent une certaine cohésion, ce qui fait l'aspect visqueux du slime. Pour le borax ou le collyre ophtalmique, les ions borate $B(OH)_4^-$ sont responsables de la création de ce réseau lâche (on parle de formation d'un réseau non covalent). On dit que le polymère a subi une réticulation. Ces points de réticulation peuvent continuellement être rompus et reformés, ce qui fait que le fluide s'écoule.



Les différences de propriétés entre la colle séchée et le slime (tous les deux constitués de réseaux 3D de macromolécules) proviennent de plusieurs points :

- dans la colle séchée, il n'y a qu'un réseau 3D de macromolécules de PVA (spaghettis cuits séchés) ;
- dans le slime, il y a de l'eau, ce qui espace les chaînes et des points de réticulation « fluxionnels » qui assurent une certaine cohésion, tout en restant rompables et reformables en continu lorsqu'on l'étire.

Des expériences pour bien comprendre et saisir la relation entre la structure d'un polymère et ses propriétés

Les matériaux plastiques sont tous des matériaux polymères. Leur particularité est que leurs propriétés physiques dépendent de la nature chimique de la macromolécule dont ils sont composés, mais également de la façon dont elles peuvent interagir entre elles : la présence de charges, d'additifs ou encore de solvant permet de moduler les différentes propriétés et d'obtenir exactement le matériau répondant au cahier des charges décidé.

En reprenant l'exemple du slime, on peut reproduire cette recherche autour de la modularité des propriétés physiques du matériau obtenu. On veillera à garder un échantillon du slime initial comme témoin, pour bien faire sentir les différences de propriétés une fois des modifications faites dans le protocole.

- Dans le but d'obtenir un slime plus fluide : il suffit d'espacer encore plus les macromolécules. Ajouter de l'eau à la colle de départ rend le slime plus fluide, se comportant davantage comme un liquide visqueux.
- Pour obtenir un slime plus rigide : une solution est d'augmenter le nombre de nœuds de réticulation. Ajouter un volume plus important de collyre ophtalmique. En multipliant le nombre de nœuds, la structure est beaucoup plus rigide, un peu comme dans un filet d'oranges. C'est « mou », mais ça ne s'écoule plus.

Une fois le slime formé, on peut également moduler ses propriétés en ajoutant des additifs non présents au départ dans le protocole.

- Dans le but de rendre le slime moins rigide une fois qu'il a été formé : il faut redonner la possibilité aux chaînes de glisser les unes sur les autres, donc il faut dénouer les nœuds de réticulation. Ajouter simplement de l'eau est difficile, car la structure du slime empêche l'eau de bien pénétrer la masse. Une solution est d'ajouter une espèce chimique acide, comme du vinaigre, au slime. L'acide éthanoïque qu'il contient naturellement va réagir avec les ions borate par une réaction acide-base, ce qui dénouera les nœuds de réticulation et rendra au slime la consistance de la colle de départ.
- Dans le but de rendre le slime plus malléable : on peut ajouter d'autres macromolécules, qui viendront se fondre dans les macromolécules du PVA et conduiront à un matériau plus « souple ». Par exemple, l'ajout de farine permet de donner au slime une consistance plus proche de la pâte à modeler. L'amidon présent dans la farine est une macromolécule de structure plus complexe que celle du PVA. Il s'agit d'un polysaccharide : une macromolécule constituée d'un grand nombre de motifs qui sont répétés un grand nombre de fois. Ces motifs de répétition, très proches du glucose, conduisent au glucose lui-même, au cours de la digestion, ce qui explique pourquoi ils sont qualifiés de sucres lents. En se mêlant aux macromolécules de PVA, les macromolécules de l'amidon rendent l'ensemble plus souple, en permettant aux chaînes de glisser davantage les unes sur les autres.
- Dans le but de rendre le slime plus cassant : une solution est de réduire la quantité d'eau qu'il contient. Ceci peut être réalisé en ajoutant du sel de table à la pâte : en augmentant la polarité de la phase aqueuse, les chaînes de PVA y sont moins solubles et sont alors plus enchevêtrées les unes aux autres. Le matériau perd alors ses propriétés malléables et de l'eau s'en échappe très visiblement.

Dans le but de modifier la densité de la pâte : on peut inclure dans la structure une charge qui ajoutera juste de la masse. Ceci peut être fait en ajoutant du sable, par exemple, ou tout autre solide inerte. Modifier la densité de la pâte obtenue peut être intéressant pour les questions de flottabilité.

Coordination

Fatima RAHMOUN pour la Fondation *La main à la pâte*

Contributeur

Antoine ELOI

Remerciements

Marie-Lise ROUX, Didier ROUX, Murielle TREIL, Philippe DELFORGE

Cette ressource a été produite avec le soutien de la Fondation de la Maison de la Chimie



Fondation de la Maison de la Chimie

En partenariat avec Mediachimie



Date de publication

Septembre 2023 (seconde édition)

Licence

Ce document a été publié par la Fondation *La main à la pâte* sous la licence Creative Commons suivante : Attribution + Pas d'Utilisation Commerciale + Partage dans les mêmes conditions.



Le titulaire des droits autorise l'exploitation de l'œuvre originale à des fins non commerciales, ainsi que la création d'œuvres dérivées, à condition qu'elles soient distribuées sous une licence identique à celle qui régit l'œuvre originale.

Fondation *La main à la pâte*

43 rue de Rennes

75 006 Paris

01 85 08 71 79

contact@fondation-lamap.org

www.fondation-lamap.org

