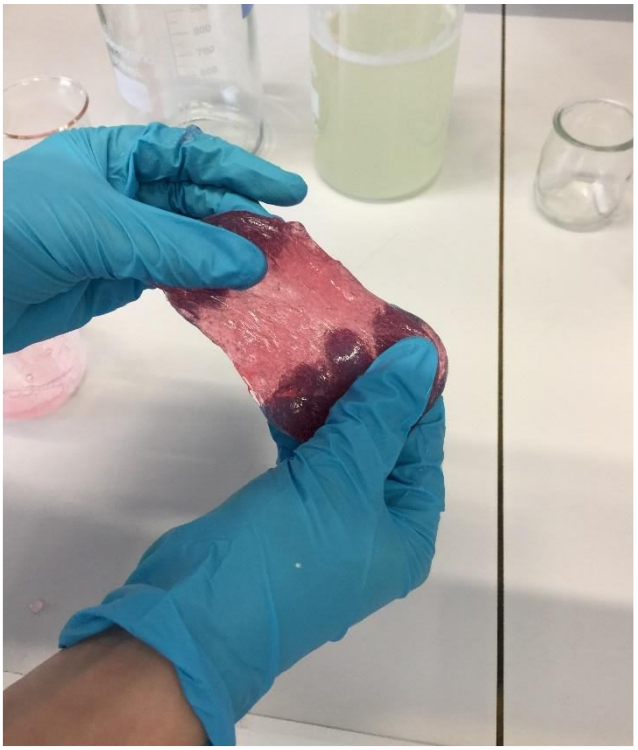
INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUÉES ROUEN

Projet de Physique P6
STPI2/P6/2019-28

Mise au point d'expériences ludiques autour des polymères



Enseignant- Responsable du projet

Gaëlle Morandi

Etudiants

Deschamps Eléonore
Soos Szilvia
Erades Edouard
Tran Thi Minh Tam
Lepilleur Célestine

Date de remise du rapport: 21/06/2019

Référence du projet: STPI/P6/2019 -28

Intitulé du projet: Mise en place d'expérience ludiques autour des polymères

Type de projet: Expérimental et bibliographie

Objectifs du projet:

Dans un premier temps, nous avons eu pour objectif de découvrir ce que sont les polymères. En effet, n'ayant jamais étudié cela en chimie, nous partions uniquement de connaissances personnelles sur le sujet. Nous avons donc établi des bases (définitions, classifications, applications…).

Par la suite, notre but était de mettre en place des expériences accessibles au grand public, et qui permettaient d'illustrer, de façon simple et ludique, l'action et le rôle des polymères dans notre environnement quotidien. Plus précisément, nous devons restituer à la fin de ce projet, des vidéos de ces expériences, des fiches explicatives mais aussi des protocoles faciles à mettre en place lors de journées portes ouvertes ou encore pour des ateliers lors des journées de la science.

Mots-clés du projet: Polymères, expériences

Table des matières

Introduction **4**

Méthodologie/ Organisation du travail **5**

I. Recherche bibliographique sur les polymère **6**

1) Définition des polymères 6
2) Historique 6
3) Utilisation actuelle des polymères 7

II. Les différentes expériences **8**

Procédé sol-gel 8
Le sable cinétique 9
Les fluides non-newtoniens 10
Polymère super-absorbant (couches) 12
Le Slime 14
Le plastique fait avec du lait et du vinaigre 16
Le nylon 18

Conclusion **21**

Bibliographie **22**

Annexes **23**

1) Protocoles 23
2) Toxicologie 27
3) Diagramme de Gantt 29
3) Fiches 30
5) Vidéos 33

Introduction

Ce projet sur les polymères prend place dans le cadre de notre formation d'ingénieur à l'Institut National des Sciences Appliquées (INSA) de Rouen. Il a été mené tout au long de notre quatrième semestre. Ce travail en équipe a été l'occasion de travailler à plusieurs sur un projet commun et de nous familiariser ainsi au fonctionnement de notre futur métier.

Durant les 13 séances qui nous ont été accordées, nous avons travaillé sous la tutelle de Madame Morandi Gaëlle, professeure référente de notre sujet. L'organisation des 13 séances et les résultats attendus au terme de notre travail nous ont tout d'abord été présentés. Madame Morandi était également à nos côtés durant nos séances de travail pour répondre à nos questions mais aussi pour mettre en place nos séances de TP en laboratoire de chimie.

Concernant l'organisation des différentes séances, nous avons consacré les premières à rechercher des informations sur les polymères en général, et de manière plus approfondies par la suite pour avoir une idée des mécanismes intermoléculaires mis en jeu. Très rapidement, nous avons débuté les recherches sur les différentes expériences que nous pouvions mettre en place pour répondre à l'objectif principal de notre projet.

Finalement, une fois tout le monde d'accord sur les expériences et protocoles à mettre en place, nous avons appliqué tout cela en laboratoire, et nous avons enchaîné avec la rédaction des fiches expérimentales et du rapport.

Nous pouvons souligner que le sujet sur lequel nous avons travaillé, c'est-à-dire les polymères, est totalement d'actualité puisque les polymères sont utilisés dans beaucoup de domaines. De plus, la recherche s'oriente de plus en plus dans les polymères pour développer des alternatives aux plastiques issus de pétrole.

Ainsi, tout au long de ce rapport, nous allons décrire le processus suivi tout au long du projet, et les résultats que nous en avons déduit. Dans un premier temps, nous évoquerons l'histoire des polymères, de la découverte jusqu'à aujourd'hui. Par la suite, nous évoquerons la méthodologie qui a été mise en place au sein du groupe de travail afin d'avancer efficacement et dans de bonnes conditions. Nous allons ensuite en venir aux expériences qui ont été réalisées pour répondre à notre principal objectif et les résultats que nous avons obtenus afin d'analyser la formation de ces polymères. Enfin, nous finirons par énoncer les conclusions que nous pouvons tirer de toutes ces manipulations et résultats ainsi que les perspectives qui peuvent être envisageables.

Méthodologie/ Organisation du travail

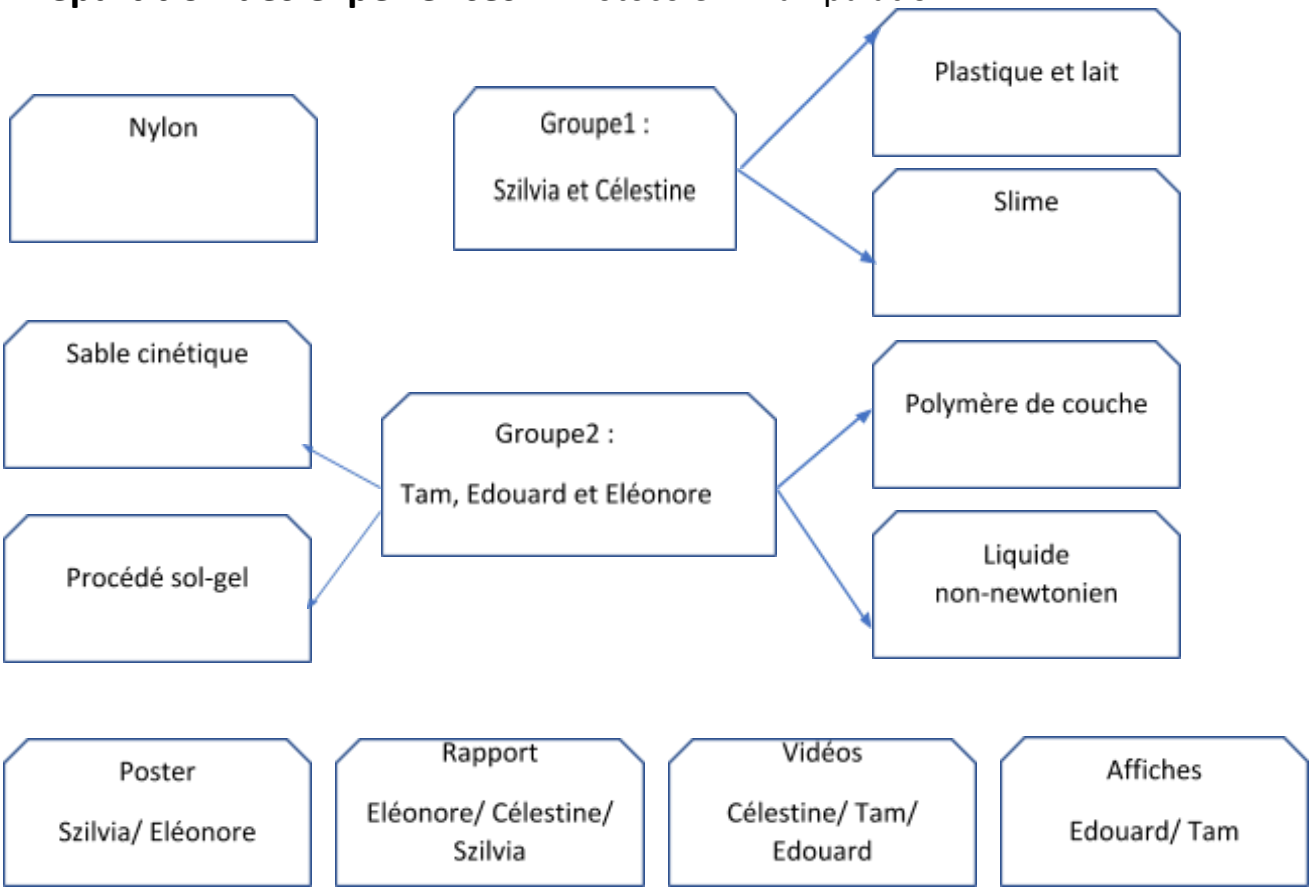
Comme indiqué précédemment, les premières semaines étaient réservées à la découverte des polymères, et donc une bonne partie de théorie. Nous avons alors utilisé internet, mais aussi nos connaissances personnelles pour récolter le plus de bases solides et ainsi débuter nos recherches expérimentales sans problèmes de compréhension théorique.

Ainsi, une fois tous nos résultats mis en commun, nous nous sommes lancés dans la recherche d'expériences. C'est à partir de ce moment que nous avons jugé plus adéquat de répartir le travail. Pour cela, nous avons séparé notre groupe en 2, ainsi, un groupe de 2 personnes et un autre de 3 personnes se sont formés. Le groupe de 2 était composé de 2 étudiantes ayant pris la spécialité CFI au cours du semestre 4, ce qui leur a permis de s'occuper des expériences plus « complexes » dans les manipulations, c'est-à-dire avec plus d'étapes et de produits à utiliser. Le groupe de 3 personnes a permis de s'occuper de plus d'expériences mais un peu plus simples dans la réalisation. Bien entendu, à chaque fin de séance, nous nous réunissions pour exposer aux autres ce que nous avions réalisé pendant la séance.

Lorsque toutes nos expériences ont été réalisées, et réussies, nous avons fait un petit bilan de ce que nous avions obtenu avec madame Morandi. Cela nous a permis d'enchaîner rapidement sur la rédaction de fiches expérimentales et du rapport.

Étant 5 à travailler sur ce projet, il n'a pas toujours été facile de répartir les rôles. Cependant, voici un diagramme répartissant les rôles de chacun :

Répartition des expériences : Protocole + Manipulation



I. Recherche bibliographique sur les polymère

1) Définition des polymères

Un polymère est une molécule de grande taille constituée d'unités fondamentales appelées monomères. On parle également de macromolécule. Ces monomères sont des molécules réactives qui sont en capacité de polymériser avec d'autres monomères pour former une chaîne polymère.

La polymérisation est donc la réaction de formation des polymères à partir des monomères. Ces monomères en question sont très souvent constitués de plusieurs atomes de carbone. En voici un exemple très simple:

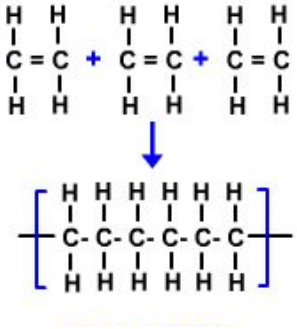


Figure 1: schéma de polymérisation

2) Historique

Jusqu'au 19e siècle:

Dès les premiers âges, les plantes étaient sélectionnées naturellement. C'est ainsi que le lin, le jute ou encore le chanvre constituaient des matériaux très intéressants pour les techniques de la vannerie et du tissage. Le lin occupait également l'une des premières places en ce qui concerne son utilisation dans la création des textiles. En effet, cela est dû à la finesse et à la longueur des particules qui le composent. On pourrait encore citer bien d'autres polymères et fibres naturelles utilisés depuis des millénaires et qui sont aujourd'hui des produits industriels. Certains élastomères étaient déjà connus comme le caoutchouc. A cette époque, les polymères n'étaient pas encore connus, mais il y avait une forte croyance en une "force vitale" produite par les molécules de certains matériaux.

Depuis le 19e siècle:

Le caoutchouc était utilisé dans les années 1770 comme gomme à effacer. Il fut ensuite utilisé pour créer un tissu imperméable. Seulement le matériau obtenu ne résistait pas aux températures extrêmes. En 1839, le caoutchouc est vulcanisé pour ainsi résister à la chaleur et aux basses températures. Mais il faudra attendre 1900 pour que C.O Weber

caractérise ce matériau comme étant un “isopropène polymérique”. Il sera alors beaucoup utilisé dans les pneumatiques.

Des polymères naturels aux polymères industriels:

L’histoire autour des polymères industriels débute avec une découverte qui changea la chimie traditionnelle: la nitrocellulose. Viendra ensuite la celluloïd qui ouvrira la voie des matières plastiques encore utilisées aujourd’hui dans beaucoup d’industries.

3) Utilisation actuelle des polymères

Les polymères sont généralement classés selon leur propriétés mécaniques:

Les élastomères: Représentent une matière naturelle ou synthétique ayant une propriété élastique élevée (sa déformation disparaît, même après une forte contrainte). Ils supportent les déformations et résistent très bien à la rupture à température ambiante. On y retrouve alors toutes sortes de caoutchoucs comme le caoutchouc fluoré. Ces matériaux sont ainsi utilisés dans plusieurs domaines industriels comme l’aéronautique, le bâtiment ou encore l’industrie pharmaceutique ou la médecine. Parmis les plus gros utilisateurs de ce polymère, on compte les constructeurs automobile.

Les thermoplastiques: Représentent une matière plastique qui se ramollit sous l’action de la chaleur et se durcit au refroidissement de manière réversible. Les plastiques qui se retrouvent dans cette catégorie sont le PVC ou encore le polypropylène (PP). Ils sont utilisés la plupart du temps pour les emballages, ce qui permet de les recycler facilement.

Les élastomères thermoplastiques (TPE): Ce sont des composés fabriqués à partir de matériaux plastiques durs, comme le PP, et associé à un matériau caoutchouteux mou. Son origine est due aux tendances de la mode qui demandaient des couleurs plus vives ou encore de la souplesse au toucher. Pour les TPE, la polymérisation n’est pas réversible mais on peut toujours faire fondre le polymère en chauffant. Les TPE ont ainsi commencé à être produits à grande échelle dans les années 70.

Les polymères thermodurcissable: Ces polymères font intervenir une polymérisation qui est irréversible, dans le sens où il y a souvent des réactions de réticulations qui lient les chaînes entre elles et ensuite la fusion n’est plus possible (sur le même principe que la cuisson d’un oeuf). Cela aboutit donc à un produit qui est solide et généralement rigide. L’emploi de ce polymère se fait souvent à travers l’utilisation de résine qui peut réagir sous l’action de la chaleur. Lorsque que le durcissement est fini, sa forme n’est plus modifiable.

II. Les différentes expériences

1) Procédé sol-gel

Le terme sol-gel est la contraction de “solution-gélification”. Pour réaliser le procédé sol-gel, on a déposé dans un tube à essai de l’acide chlorhydrique concentré et de l’eau distillée en proportions égales. Après avoir mélangé le tout, on a ajouté trois volumes de tétraéthoxysilane. Puis, on a agité le tout.

Lors de la première agitation, le tube est légèrement chaud. Cela peut être expliqué par la réaction d’hydratation de l’acide qui est exothermique. Après la seconde agitation, un solide (le gel) s’est formé (figure 2).

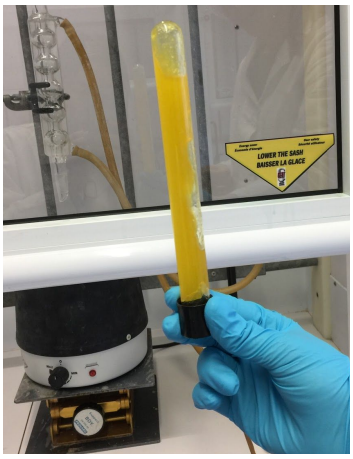


Figure 2: Procédé sol-gel

<u>Que se passe t-il lors du procédé sol-gel?</u>

La réalisation d’un procédé sol-gel comprend 2 étapes. La première étape consiste à synthétiser la solution et la deuxième étape permet de former du gel.

Un sol est à l’état liquide et est composé d’oligomères solubles. Les oligomères sont des “polymères de petite taille, constitués généralement de 4 à 20 monomères”[1]. Un gel est “un système biphasé dans lequel les molécules de solvant (eau, alcool) sont emprisonnées dans un réseau solide.”[2]

Première étape: la synthèse du sol

Le sol est obtenu par réaction d'hydrolyse. Pour obtenir ce sol, on verse de l’eau dans une solution organique qui contient des précurseurs, c’est à dire des amorceurs de réaction. Les précurseurs sont dans notre cas, des alcoxydes de silicium (le tétraéthoxysilane) Si-(OR)4, avec OR le groupement alcoxyde.

Equation générale de la réaction d’hydrolyse: “$Si\text{-}OR + H_2O \rightarrow Si\text{-}OH + ROH$”[3]

[1] https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/matiere-oligomere-3834/
[2] http://www.icmpe.cnrs.fr/spip.php?article1435
[3] https://rescoll.fr/wp-content/uploads/2009/04/dossier-technique-sol-gel-blog-rescoll1.pdf

Dans notre cas: “$Si(OC2H5)_4 + 4\ H2O \rightarrow Si(OH)_4 + 4\ C2H5OH$”[4]

Deuxième étape: la formation du gel

Le gel est obtenu par une réaction de condensation-polymérisation. Lors de cette réaction, les polymères du sol s'enchevêtrent et forment un réseau tridimensionnel solide de chaînes M-OM (Si-OM pour notre expérience) (figure 3).

Equation de la réaction:

“Si-OH + RO-Si → Si-O-Si + ROH

ou Si-OH + HO-Si → Si-O-Si + H2O”[5]

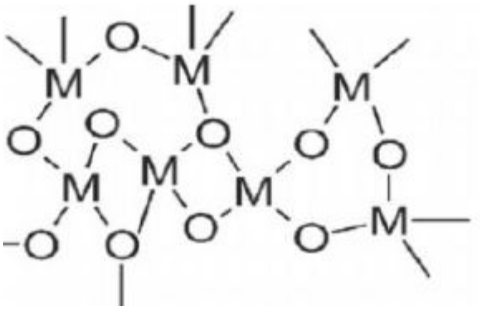


Figure 3: Représentation du réseau polymérique

Enfin, il faut éliminer le solvant du réseau polymérique. On appelle cette étape le séchage. Après 20 minutes, le sol se transforme totalement en gel. On appelle cela le temps de gel.

2) Le sable cinétique

Dans cette expérience, nous avons décidé de fabriquer notre propre sable cinétique. Pour cela, nous avons mélangé du sable, de la maïzena, de l’eau et du liquide vaisselle.

Le sable cinétique ou sable magique, est en fait constitué à 95% de sable auquel on a ajouté un polymère lui donnant ainsi des propriétés proches de la pâte à modeler. De plus, il s’effrite presque comme du sable classique mais peut aussi se comporter comme une pâte si on exerce certaines forces dessus.

Le résultat obtenu possède une consistance surprenante, le sable a en fait une consistance entre celle du sable classique et celle de la pâte à modeler.

Nous avons coupé le sable avec un couteau et constaté qu’il restait en tranche.

Afin de comprendre ce phénomène, il faut s’intéresser à la formule chimique du sable et de la maïzena.

[4] https://rescoll.fr/wp-content/uploads/2009/04/dossier-technique-sol-gel-blog-rescoll1.pdf
[5] https://rescoll.fr/wp-content/uploads/2009/04/dossier-technique-sol-gel-blog-rescoll1.pdf

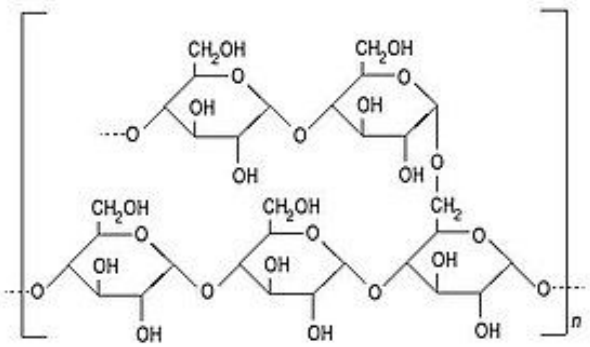


Figure 4: Molécule d'amidon

Le sable est en fait du silicium (SiO2) aussi lorsqu'on ajoute de la maïzena, et donc de l'amidon (figure 4) qui est une chaîne de (C6H10O5), au sable, des liaisons hydrogènes vont se former entre les grains de sable et les molécule d'amidon. Ainsi les molécules d'amidon vont maintenir les grains de sable collés entre eux.

Ces liaisons sont faciles à casser, aussi lorsqu'on presse le sable, il va se comporter comme du sable normal. Mais ces liaisons permettent néanmoins au sable de résister à son propre poids, ce qui explique pourquoi il ne s'effondre pas en tas sur lui-même lorsqu'il est soumis à la gravité. Ici la force de cisaillement va briser les liaisons hydrogènes qui sont sur la trajectoire du couteau, séparant ainsi le pâté de sable en tranche.

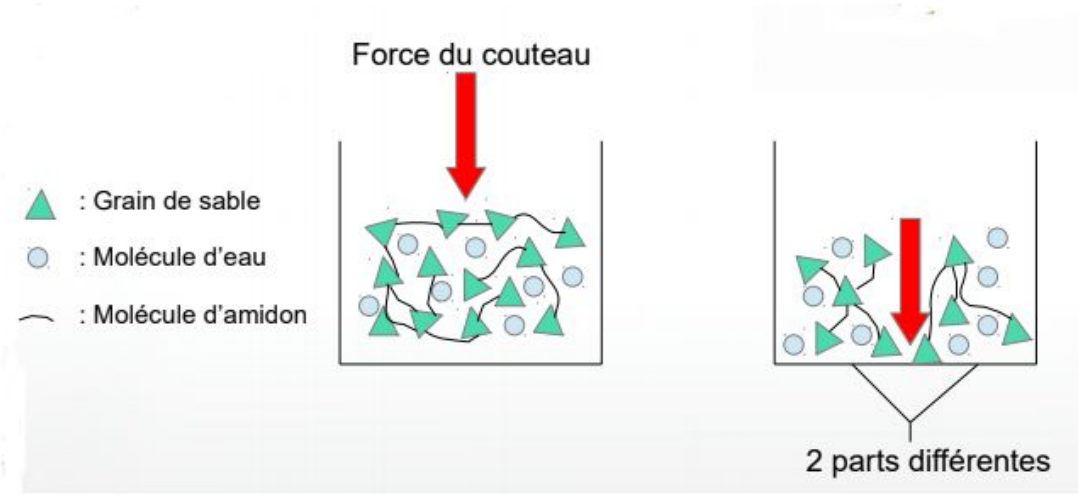


Figure 5: schéma de la répartition des molécules lors d'une coupe au couteau

Grâce à ce phénomène, on obtient une consistance particulière et très agréable au toucher proche de la pâte à modeler.

3) Les fluides non-newtoniens

Dans cette expérience, nous avons décidé de fabriquer un liquide non-newtonien, pour cela nous avons mélangé de l'eau avec de la maïzena.

Il est important de faire la différence entre un fluide newtonien (comme l'eau) et un fluide non-newtonien. En effet, un fluide newtonien possède une viscosité qui provoque l'écoulement de ce fluide à une certaine contrainte.

Avec un fluide newtonien, la vitesse d'écoulement est proportionnel à la contrainte exercée selon une fonction linéaire.

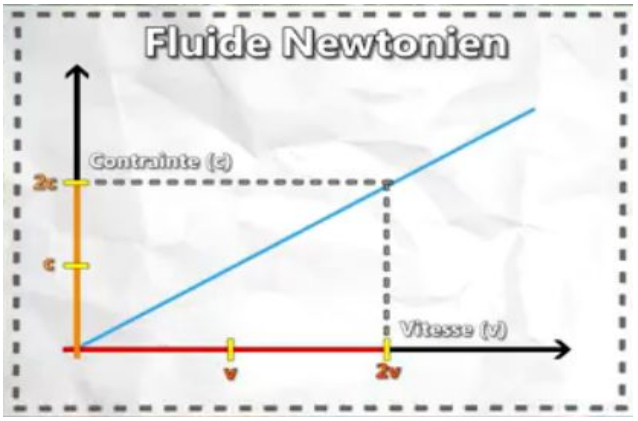


Figure 6: schéma de la viscosité d'un fluide newtonien

Alors qu'avec un fluide non newtonien, on constate soit une diminution de la viscosité et donc une contrainte à exercer plus faible pour obtenir une vitesse élevée. On parle dans ce cas de fluide rhéofluidifiant (figure 7). L'exemple le plus connu est le ketchup qui coule plus facilement lorsqu'on appuie sur la bouteille. Soit on constate une augmentation de la viscosité et donc le liquide va s'écouler moins vite à contrainte égale. Dans ce cas là, on parle de fluide rhéoépaississant (figure 7). C'est un fluide rhéoépaississant que nous avons obtenu dans notre expérience.

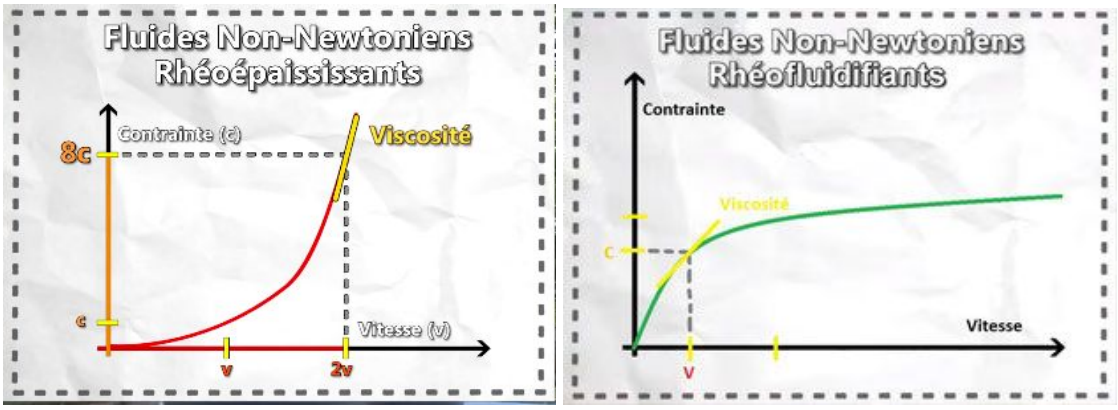


Figure 7: schéma de la viscosité d'un fluide non-newtonien

Le résultat obtenu nous a beaucoup surpris. En effet, il n'est pas commun de manipuler un liquide avec d'une telle consistance.

Ce qu'il faut avant tout savoir, c'est que les fluides non-newtoniens répondent proportionnellement aux forces qui sont exercées. Aussi si on exerce lentement une force, on s'enfonce dans le liquide avec une faible résistance alors que si on exerce une force trop rapidement le liquide va nous résister.

Pour comprendre le phénomène qui se passe, il faut passer à l'échelle microscopique. Ce mélange est en effet composé d'une multitude de petites particules qui sont chacunes entourées d'une enveloppe.

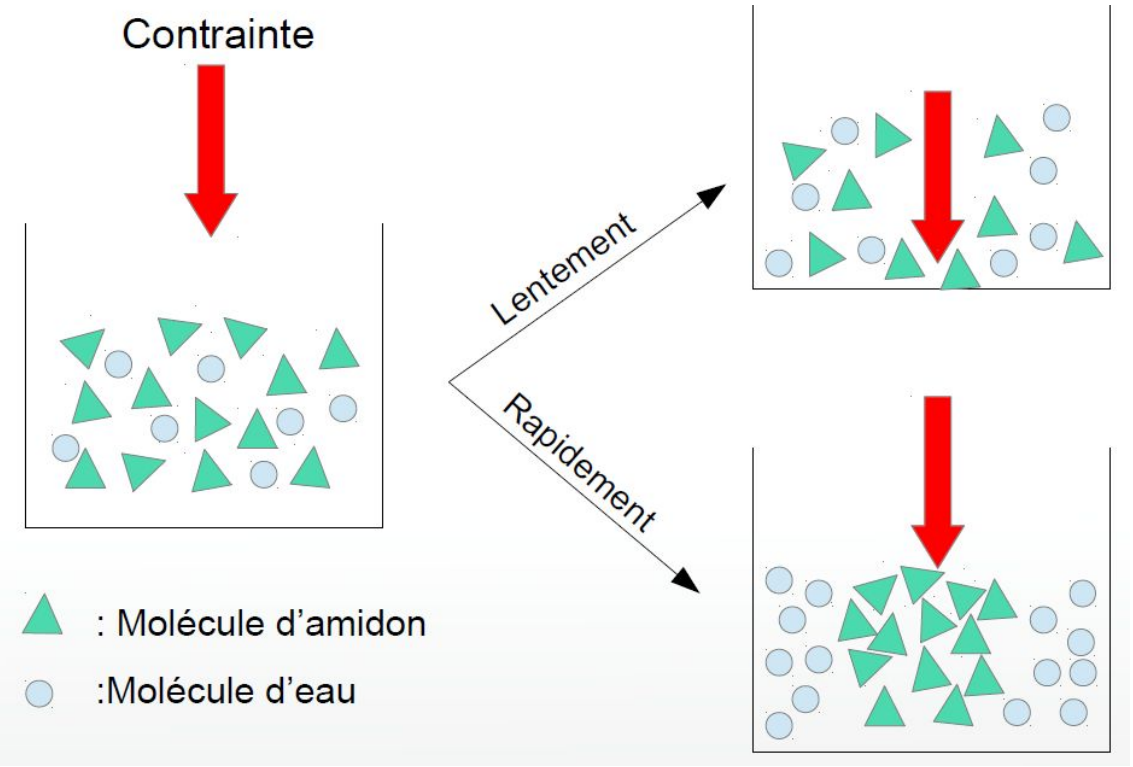


Figure 8: schéma de la répartition des molécules lors d'une contrainte

Ainsi, si l'on augmente la pression sur ce fluide, ces particules se resserrent et l'eau disparaît presque complètement entre celles-ci. Ces particules sont des colloïdes polymères fonctionnels et ce sont elles qui sont à la base de la rigidification du liquide à l'issu d'un impact ou d'une pression. Les molécules d'eau qui sont emprisonnées sont "chassées" par l'impact au milieu des molécules de maïzena, d'où le durcissement de cette zone. Comme ces colloïdes sont répulsifs entre eux, ils vont systématiquement venir se replacer de façon homogène dans le liquide lorsque l'impact est passé.

4) Polymère super-absorbant (couches)

L'objectif de cette expérimentation est de mettre en évidence les propriétés super-absorbantes de certains polymères. On les retrouve ainsi dans plusieurs matériaux comme la neige artificielle, l'isolation des câbles électriques ou encore les couches pour bébés. Ces dernières vont donc nous servir pour observer le fonctionnement de ces polymères. Les polymères superabsorbants contenus dans les couches sont les polyacrylates de sodium (figure 9).

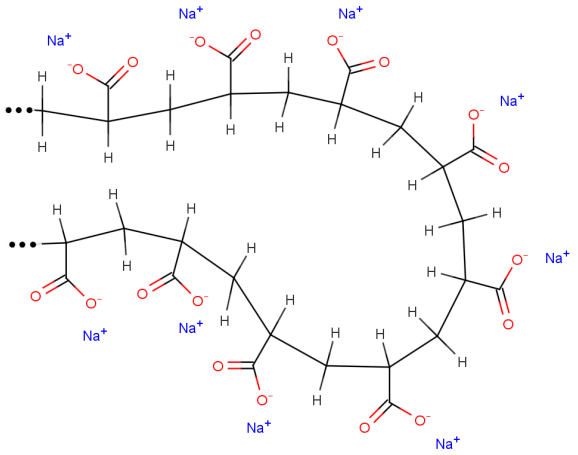


Figure 9: Polyacrylates de sodium

Lors de cette expérience, on a extrait les polymères superabsorbants contenus dans des couches culottes et on les a placés dans un bécher. On a disposé du coton dans un autre bécher. Ensuite, on a versé de l'eau dans ces deux béchers.

A la fin de l'expérience, on constate la formation d'un gel et une augmentation du volume. Le polymère absorbe plus que le coton, comme on peut le voir ci-dessous:

Figure 10: Résultat après avoir versé la même quantité d'eau dans chaque bécher

Le polymère super-absorbant se trouve sur la gauche et sur la droite se situe le coton. Expérimentalement, on a pu remarquer que le polymère présent dans les couches absorbe environ 3 fois plus d'eau que le coton. En effet, les polymères superabsorbants sont capables d'absorber jusqu'à 1000 fois leur masse en eau.

<u>Mais comment ces polymères fonctionnent-t-ils ?</u>

Il faut savoir qu'au niveau microscopique, ils forment un réseau de chaînes carbonées qui portent des fonctions acide carboxyliques -COOH et carboxylate $R\text{-}COO^-$ au moment de la polymérisation.

Le PSA absorbe toute l'eau et semble être quasiment sec au toucher. C'est l'état de "neige artificielle" du polymère. Ce polymère possède des fonctions hydrophile ("qui aime l'eau") donc il capte les molécules d'eau très facilement. De plus, le polyacrylamide de sodium est

un réseau dense de polymères. Ce réseau peut être comparé à un filet de pêche en 3D. Les molécules d'eau sont piégées entre les chaînes de polymère pour former un gel. Pour reprendre l'exemple du filet de pêche, ici les molécules d'eau représentent les poissons prisonniers dans le filet.

Ainsi, cette propriété de super-absorption est majoritairement expliquée par la formation de liaisons hydrogène entre les molécules d'eau et les chaînes du polymère. Grâce à l'insertion de molécules d'eau dans le réseau polymérique, les répulsions électrostatiques sont minimisées.(figure 12)

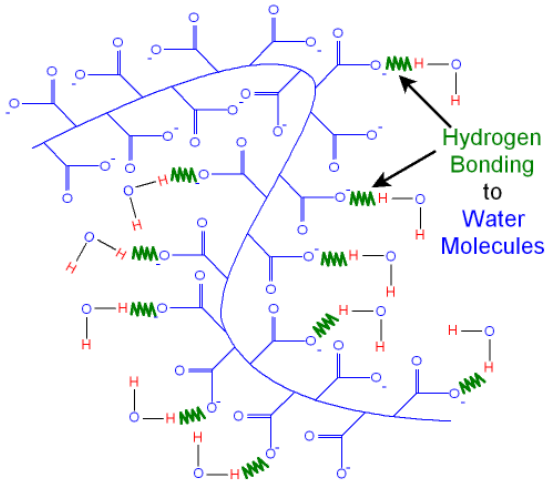


Figure 11: Molécules d'eau liées par des liaisons hydrogène au polymère

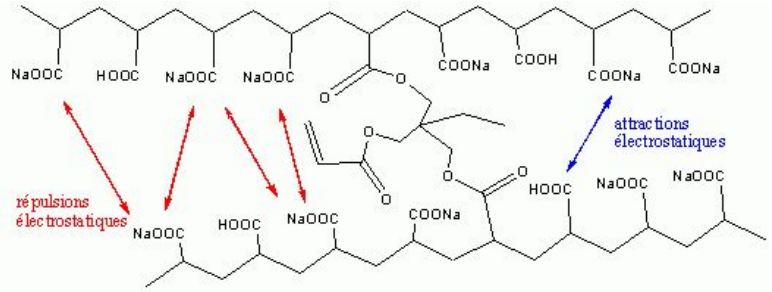


Figure 12: Attraction et répulsion entre les polymères

De plus, cette réaction est réversible. On peut obtenir à nouveau la poudre initiale en séchant le gel. Pour ce faire, il faut le placer plusieurs heures dans un four à basse température (environ 50°C). Cette réaction est réversible car l'eau est uniquement piégée dans le réseau polymérique sans réagir chimiquement avec les polymères.

5) Le Slime

Le slime est un polymère particulièrement apprécié par les enfants pour sa texture très modulable. On a donc cherché à reproduire cette texture à l'aide de borax et d'alcool polyvinylique (PVOH).

Après avoir réalisé l'expérience, on a obtenu un gel extensible et très malléable (figure 13).

Figure 13: Slime obtenu

Le PVOH dans l'eau est un ensemble de longues chaînes carbonées liées à des groupement alcools (-OH) entourées d'eau. Le borax lie ces chaînes entre elles par des liaisons hydrogènes. Ce processus est appelé une réticulation.

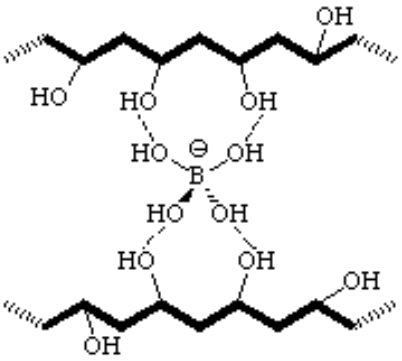


Figure 14: Réticulation

Deux sortes de liaisons sont présentes dans le slime: les liaisons covalentes et les liaisons faibles (liaisons hydrogène). Le slime ne peut pas être considéré comme un solide car il prend la forme de l'objet sur lequel il est posé. On dit que c'est une liquide très visqueux.

Si on tire assez fort sur le slime celui-ci se casse. Ceci est lié au fait que lorsqu'on tire sur le slime, on entraîne la rupture des liaisons chimiques faibles, les liaisons hydrogènes.

Si on recolle les deux morceaux de slime on peut reformer un seul morceau de slime car les liaisons hydrogènes se reforment. On dit que la cassure des liaisons faibles est réversible.

Si on tire doucement sur le slime, celui-ci s'étire lentement sans se rompre car les liaisons hydrogènes ne se cassent pas et résistent à un étirement lent.

Figure 15: Obtention du slime

Le slime est composé d'ions borates. Les ions borates sont la base de l'acide borique. Si on ajoute de l'acide, comme du vinaigre, sur le slime, celui-ci se liquéfie. En effet, après l'ajout de l'acide, les ions borates sont remplacés par leur acide, l'acide borique. Puis, l'ajout d'une base, comme le bicarbonate de soude, neutralise le liquide, permettant au Slime de se reformer. En effet, lors de l'ajout d'une base, les ions borates sont reformés et l'acide borique disparaît.

6. Le plastique fait avec du lait et du vinaigre

Le but de cette expérience est de créer un plastique simplement avec du lait et du vinaigre. C'est une expérience très simple qui peut être réalisée avec des enfants.

Pour réaliser cette expérience, on a ajouté quelques cuillères de vinaigre dans 250ml de lait chaud. Après l'ajout du vinaigre, on voit des grumeaux dans le lait. Celui-ci "caille". On a filtré le mélange obtenu et déposé la pâte dans un moule. Après un temps de séchage, le plastique se solidifie.

On a obtenu un morceau de plastique rigide et consistant (figure 16):

Figure 16: Polymère obtenu après manipulation

Le lait est composé de gras, de sucres, de protéines (dont la caséine qui représente 3.2% du lait) et d'eau (87%).

Molécule de caséine: Les molécules de caséine sont de longues chaînes carbonées et azotées. (figure 17) Elles sont insolubles dans l'eau mais forment un mélange stable dans celle-ci.

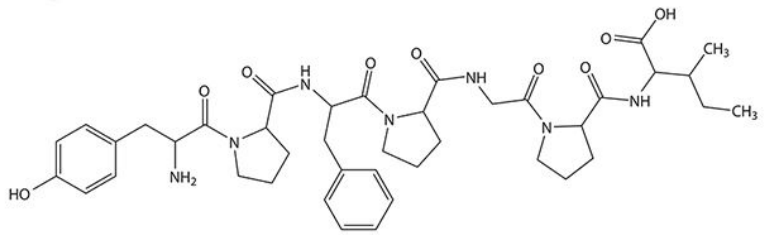


Figure 17: Molécule de caséine

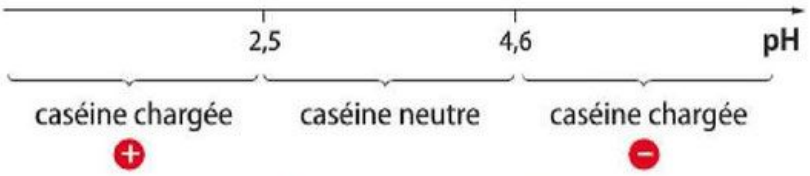


Figure 18: Diagramme de la caséine en fonction du pH

D'après le diagramme de la caséine en fonction du pH, on peut apercevoir qu'au pH du lait de vache, c'est à dire entre 6,4 et 6,8 la caséine est présente sous forme négative. Dans le lait, les molécules de caséine forment des micelles, c'est à dire que les molécules de caséine se lient et s'enchevêtrent entre elles autour d'une goutte de matière grasse, un lipide. Les différentes micelles formées sont chargées négativement et se repoussent entre elles. Ainsi les micelles ne peuvent pas précipiter. Ces molécules sont stables. Elles sont équilibrées avec les ions ca^{2+} du lait.

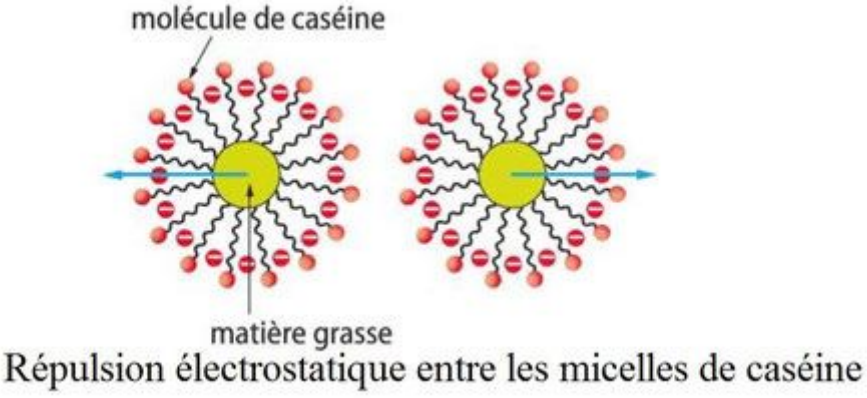


Figure 19: Micelles de caséine

Si on ajoute du vinaigre, qui est acide, le pH du lait diminue. D'après le diagramme de la caséine en fonction du pH, dès pH=4.6 les micelles (les molécules de caséine ainsi que la goutte de matière grasse) précipitent car la répulsion électrostatique entre ces dernières

diminue. En effet, ces micelles forment des grumeaux, le « caillé », qui sont hydrophobes (“qui n’aime pas l’eau”) et insolubles. Lorsque ces grumeaux sèchent, ils se lient entre eux par des liaisons hydrogènes et forment un solide rigide.

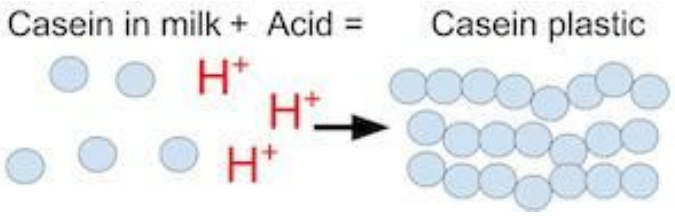


Figure 20: Ajout d’acide dans le lait

Dans la cuisine indienne, par exemple, il existe un fromage obtenu à partir de lait de bufflonne, en ajoutant un acide alimentaire pour déclencher la coagulation. Ce fromage est le panir.

Figure 21: Image de Panir

7. Le nylon

Le nylon est un polyamide (figure 22).

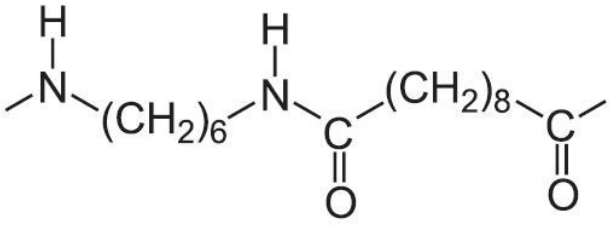


Figure 22: Le nylon

Afin d'obtenir ce polyamide, on a préparé deux solutions. Pour réaliser la première solution, on a dissous 1g de NaOH et 3g d’hexaméthylène diamine dans 125 mL d’eau distillée. Afin d’obtenir la deuxième solution, on a dissous 2,5 mL de chlorure de sébacoyle dans 125 mL de cyclohexane.

Ensuite, on a d'abord versé dans le bécher la solution aqueuse de 1,6-diaminohexane qui a une densité de 997 kg/m³. On a ensuite ajouté délicatement la deuxième solution, la solution de chlorure de sébacoyle dont la densité est environ de 779 kg/m³. Cette solution est moins dense que la première donc elle va donc rester en surface. On a donc obtenu deux phases distinctes.

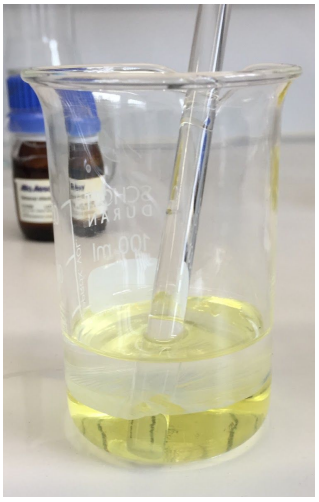


Figure 23: Distinction des deux phases

Le chlorure de sébacoyle est dans la phase organique, tandis que l'hexaméthylène diamine est dans la phase aqueuse. Le chlorure de sébacoyle est insoluble dans l'eau: les deux solutions ne sont donc pas miscibles (figure 23).

Comme les deux solutions ne sont pas miscibles, on a donc obtenu la formation de nylon à l'interface. Cette réaction s'appelle la polymérisation interfaciale.

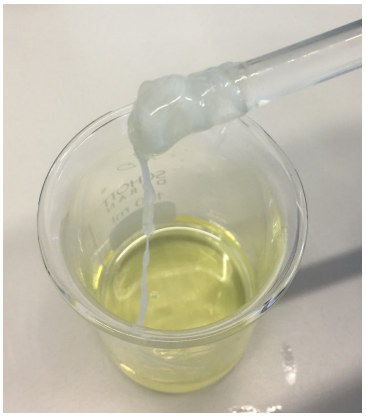


Figure 24: Récupération du nylon

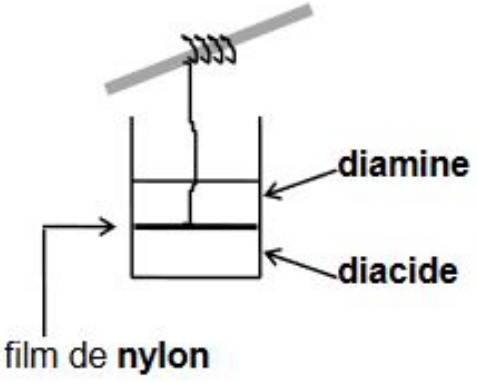


Figure 25: Schéma de l'expérience

Lors de la synthèse du nylon se produit une réaction entre deux fonctions (une amine et un acide carboxylique). Les molécules d'eau sont éliminées.

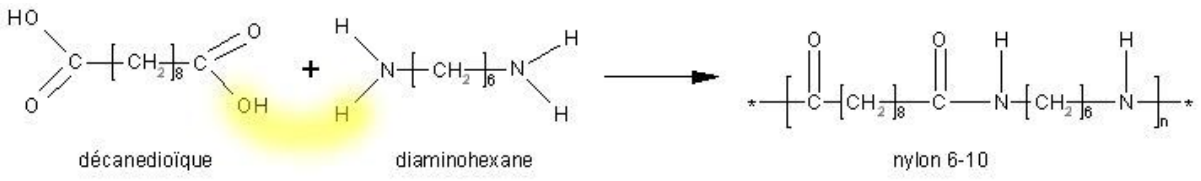


Figure 26: Synthèse du nylon

Ce nylon est constitué d'unités alternées de 6 atomes de carbone entre deux atomes d'azote, d'une liaison amide et d'une autre unité de 10 atomes de carbone. C'est donc le nylon-6,10. Quand on change le nombre de carbones, on obtient un autre nylon (le nylon 6,6 par exemple).

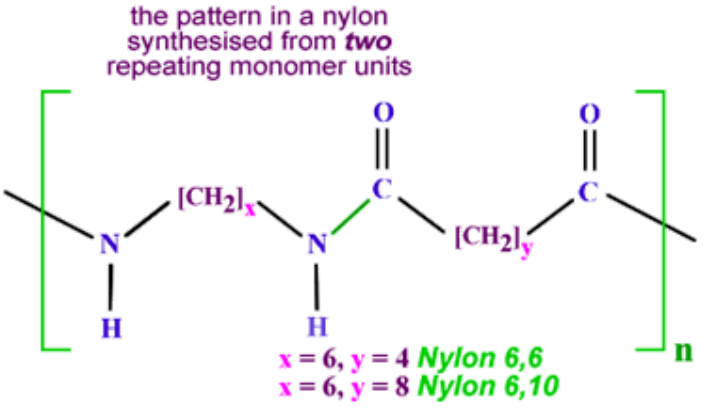


Figure 27: Motif de répétition du nylon

Entre les groupes CO et NH de différentes chaînes se sont créées des liaisons faibles ce qui est dû à la forte polarité des liaisons amides. Ces liaisons faibles permettent aux fibres de revenir dans leur position initiale. Ainsi, les fibres sont très résistantes et sont utilisées pour fabriquer des vêtements comme des collants ou des chaussettes.

Conclusion

Ce projet nous a donc permis de mettre nos diverses connaissances au service d'un objectif commun. Nos méthodes personnelles de travail ont dû être adaptées puisque nos orientations professionnelles sont différentes. Ainsi, tout le monde a pu apporter sa contribution à notre projet. Notre groupe présentait aussi des thématiques différentes comme EP, Méca, CFI ou GC. C'est grâce à cette diversité que nous avons pu répartir les tâches en fonction des affinités de chacun. Par exemple, la présence de Célestine et Szilvia nous a aidé dans la compréhension de certains mécanismes réactionnels, puisqu'elles représentaient la thématique CFI.

Notre projet étant beaucoup basé sur la partie expérimentale, la difficulté était avant tout de trouver des expériences qui ne soient pas trop poussées, dans le sens où cela devait être accessible à tout type de public.

Au cours de tout ce travail collectif, nous avons pu mettre en place des méthodes de travail afin d'avancer au mieux ce projet. Nous avons aussi pu en apprendre plus sur les polymères et leurs utilisations. Certaines expériences que nous avons réalisées nous ont permis de découvrir quelques unes des caractéristiques des polymères comme les supers-absorbants. Les fluides non-newtoniens nous ont aussi surpris avec un résultat étonnant quand on l'observe.

C'est pourquoi, malgré le fait que tous les membres de notre groupe ne souhaitent pas s'orienter vers le chimie, nous avons pu découvrir les polymères, qui représentent une partie importante de la chimie actuelle. Nous étions ainsi tous impliqués et motivés par ce projet.

Bibliographie

https://www.lalanguefrancaise.com/dictionnaire/definition-polymerisation/

https://rescoll.fr/wp-content/uploads/2009/04/dossier-technique-sol-gel-blog-rescoll1.pdf

http://www.icmpe.cnrs.fr/spip.php?article1435

https://lesneuronesatomiques.com/le-labo/plastique-de-lait/

https://www.espace-sciences.org/juniors/experiences/du-plastique-fait-maison

http://lemondedecarla.fr/2018/08/fabriquer-du-plastique-avec-du-lait-et-du-vinaigre/

http://iplc.fr/Tout-sur-le-lait/La-composition-du-lait

https://www.fitsa-group.com/proteines-de-lait-composees-de-deux-grandes-classes-proteines-de-serum-caseine/

http://www.ac-grenoble.fr/loubet.valence/userfiles/file/Disciplines/Sciences/SPC/TS/Materiaux/colles.pdf

https://tpe-colles.jimdo.com/la-fabrication-d-une-colle/

https://www-techniques-ingenieur-fr.ezproxy.normandie-univ.fr/search.html?query=cas%C3%A9ine+plastique

http://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr/ressource/psa.xml

http://wiki.scienceamusante.net/index.php/Polyacrylate_de_sodium_superabsorbant

http://wiki.scienceamusante.net/index.php/Polyacrylate_de_sodium_superabsorbant

https://wiki.scienceamusante.net/index.php?title=Le_Slime

https://wiki.scienceamusante.net/index.php?title=Proc%C3%A9d%C3%A9_sol-gel

https://www.espace-sciences.org/juniors/experiences/du-plastique-fait-maison

Annexes

1) Protocoles

Le sable cinétique

Expérience

- Préparer une solution en mettant du liquide vaisselle dans de l'eau puis en ajoutant du colorant
- Préparer ensuite le mélange sable +maïzena en mettant environ 95% de sable.
- Verser ensuite le liquide dans le sable jusqu'à ce que celui-ci devienne mou mais pas totalement liquide
- Vous pouvez tester la qualité de votre sable en formant un pâté de sable et en le coupant avec un couteau, si vous obtenez des tranches de sables assez lisses c'est que vous avez bien respectez les proportions.

Les fluides non Newtoniens

Expérience:

- Verser une petite quantité d'eau dans un récipient.
- Vider la moitié du paquet de maïzena dedans.
- Compléter avec de l'eau jusqu'à obtenir une pâte liquide mais qui devient liquide si on essai de touiller.
- S'il y a un excédent d'eau, il suffit d'attendre quelques minutes pour que le liquide se sépare en 2 phases et que l'eau en surplus remonte sur le dessus.

Les couches[6]

protocole du site internet: scienceamusante

Matériel

- Quelques couches-culotte.
- Eau distillée.
- Verre ou gobelet.

Protocole expérimental

Découper les couches-culotte afin d'en extraire les petits granulés blancs qui sont pris dans la fibre de coton. Prendre soin de porter des gants afin de ne pas y déposer d'humidité.

Une fois que l'on a obtenu l'équivalent d'une cuillère à coupe de granulés, les mettre dans un verre.

Verser un demi verre d'eau distillée et observer leur gonflement rapide, jusqu'à ce que toute l'eau soit absorbée.

En fin d'expérience, le mélange a l'aspect d'un gel.

[6] http://wiki.scienceamusante.net/index.php/Polyacrylate_de_sodium_superabsorbant

Le procédé sol gel[7]

protocole du site internet: scienceamusante

Matériel

- Tétraéthoxysilane
- Acide chlorhydrique concentré
- Eau distillée
- Optionnel : colorant alimentaire ou indicateur coloré de pH ou colorant fluorescent.

Protocole

- Dans un tube en plastique muni d'un bouchon, introduire :
  - 1 volume d'eau distillée,
  - 1 volume d'acide chlorhydrique concentré .
  - Ajouter éventuellement quelques gouttes d'un colorant.
- Mélanger doucement le tube. Le mélange peut s'échauffer légèrement en raison de l'hydratation de l'acide concentré.
- Ajouter à la pipette 3 volumes de tétraéthoxysilane au dessus de la phase aqueuse. Ce dernier réactif surnage car sa densité est plus faible.
- Fermer le flacon et agiter pour démarrer la réaction.
- Après quelques minutes observer la prise en masse du mélange. Tenter de démouler le solide obtenu. (Attention, celui-ci est fragile et cassant.)

Le Slime®[8]

Protocole du site internet: scienceamusante

Matériel

Alcool polyvinylique (*PolyVinyl alcool*, PVOH ou PVA, la masse molaire moyenne (MW) doit être d'environ 100 000 g/mol (au minimum 80 000 g/mol) et le pourcentage d'hydrolyse[1] doit être au minimum de 95%)

Tétraborate de sodium décahydraté $Na_2B_4O_7,10H_2O$ aussi appelé *borax*

Colorants, paillettes, parfum...

Baguette en verre

Agitateur magnétique chauffant et barreau aimanté

[7] https://wiki.scienceamusante.net/index.php?title=Proc%C3%A9d%C3%A9_sol-gel
[8] https://wiki.scienceamusante.net/index.php?title=Le_Slime

2 béchers

2 bouteilles de 1 L

Protocole expérimental

Préparation des solutions

- Solution de borax à 4% :

Mettre 40 g de borax dans une bouteille propre de 1 L, puis compléter avec de l'eau distillée jusqu'à presque 1 L.

Agiter pour dissoudre tout le borax, puis compléter la bouteille de 1 L avec de l'eau distillée. (Il se peut que tout le borax ne se dissolve pas, auquel cas la solution est saturée.)

Étiqueter correctement la bouteille. La solution peut se conserver plusieurs mois.

- Solution de PVOH à 4% :

Celui-ci se dissout très lentement dans l'eau, il faut utiliser 900 mL d'eau distillée chaude et placer la bouteille sur un agitateur magnétique chauffant.

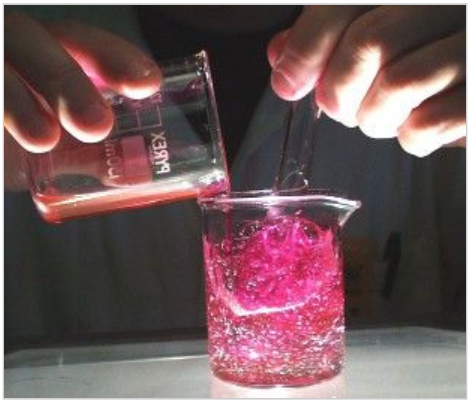
Lorsque l'eau est chaude (entre 70 et 80°C) ajouter petit à petit les 40 g de PVOH sous agitation constante et ininterrompue.

Continuer à agiter jusqu'à dissolution de la plus grande partie des grumeaux (cela peut demander quelques heures).

Compléter ensuite à 1 L avec de l'eau distillée.

Étiqueter correctement la bouteille. La solution peut se conserver plusieurs mois dans un endroit frais (réfrigérateur par exemple).

Fabrication du Slime®



Solution de borax colorée en rose (par la rhodamine) versée dans la solution de PVOH.

Dès le mélange, formation du Slime® collant sur la baguette en verre.

Dans un bécher, verser environ 10 mL de solution de borax et y ajouter éventuellement un colorant de son choix. On peut par exemple colorer avec du fluorescéinate de sodium (jaune fluorescent), de la mercurescéine (rouge fluorescent), du bleu de méthylène (bleu) ou n'importe quel colorant alimentaire trouvé en magasin.

Dans un autre bécher, verser environ 100 mL de la solution en PVOH. Éventuellement, ajouter quelques paillettes ou une goutte de parfum (pas plus).

À l'aide de la baguette en verre, agiter continuellement la solution de PVOH tout en ajoutant la solution de borax colorée.

Un gel se dépose instantanément sur la baguette en verre. Continuer à homogénéiser en tournant et en écrasant le gel contre les parois du bécher.

Continuer à mélanger vigoureusement jusqu'à obtention d'une pâte gluante mais non-collante : le Slime®.

Sortir le Slime® du bécher et le pétrir sur une table lisse et propre (surtout pas de nappe en tissu !) jusqu'à homogénéité parfaite.

Le nylon

→ *Solution 1*: Solution d'hexaméthylène diamine

Pour réaliser la solution 1, nous avons dissout 1g de NaOH et 3g d'hexaméthylène diamine dans 125 mL d'eau distillée.

→ *Solution 2*: Solution de chlorure de sébacoyle

Pour réaliser la solution 2, nous avons dissout 2,5 mL de chlorure de sébacoyle dans 125 mL de cyclohexane.

→ Nous avons versé dans un bécher de 100mL, 10 mL de solution d'hexaméthylène diamine coloré avec un colorant alimentaire. Ensuite, dans ce bécher, nous avons ajouté

lentement 10 mL de solution de chlorure de sébacoyle. Ces solutions ne sont pas miscibles. A l'interface, un film blanc est formé. C'est du nylon 6-10. Pour récupérer le nylon, nous l'avons entouré autour d'une baguette en verre.

Le plastique avec du lait[9]

Protocole du site internet: espace des sciences

Le matériel

- grand verre
- bocal
- gaze ou filtre à café
- lait
- vinaigre
- cuillère à soupe
- élastique
- essuie-tout
- torchon
- petit moule ou tasse

Mets un verre de lait au micro-ondes. Il ne doit pas bouillir. Demande à un adulte de sortir le verre du four avec un torchon. Attention, c'est chaud ! Ajoute une cuillère à soupe de vinaigre. Remue doucement. Tu vois des grumeaux : le lait « caille ». Fixe la gaze ou le filtre à café sur le bocal avec l'élastique. Renverse doucement le lait dessus. Si c'est encore chaud, demande à l'adulte de le faire. Le liquide passe à travers le filtre mais pas les grumeaux. Appuie doucement avec la cuillère pour que tout le liquide coule.

Prends la pâte à la cuillère, malaxe-la, sèche-la avec un essuie-tout et tasse-la dans un moule. Démoule-la et laisse sécher au soleil : tu as fabriqué du plastique ! Tu peux le peindre.

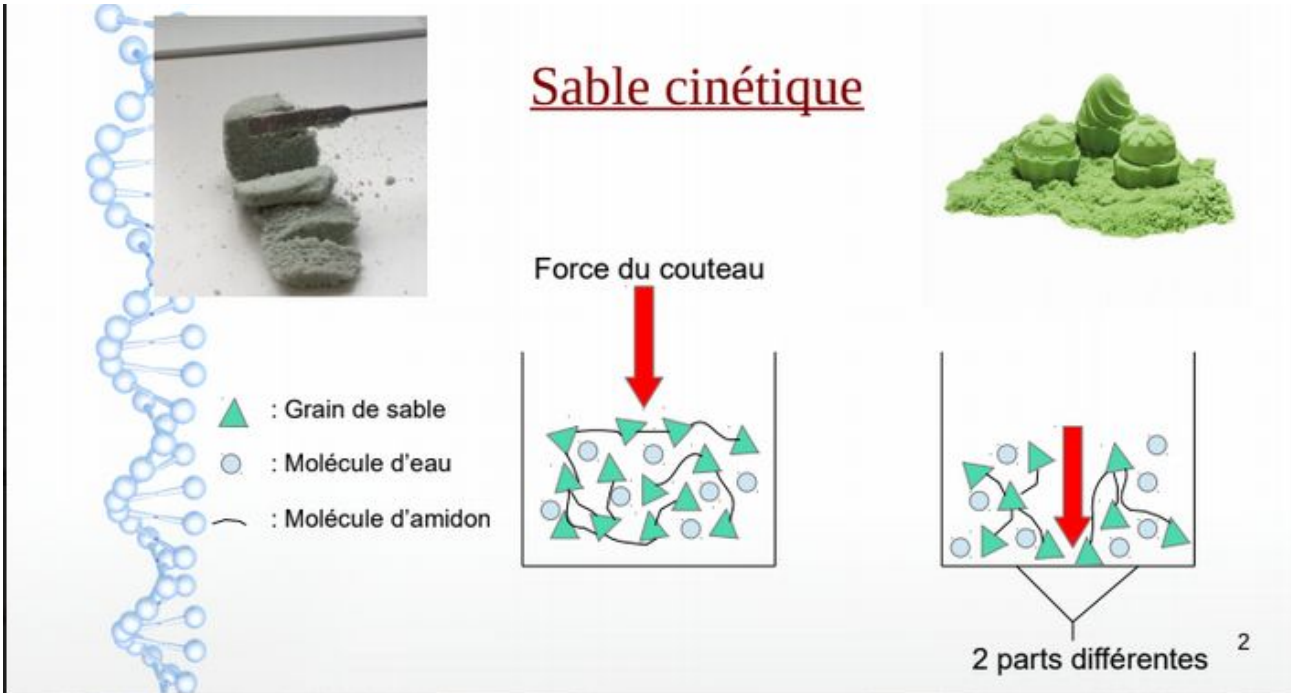
[9] https://www.espace-sciences.org/juniors/experiences/du-plastique-fait-maison

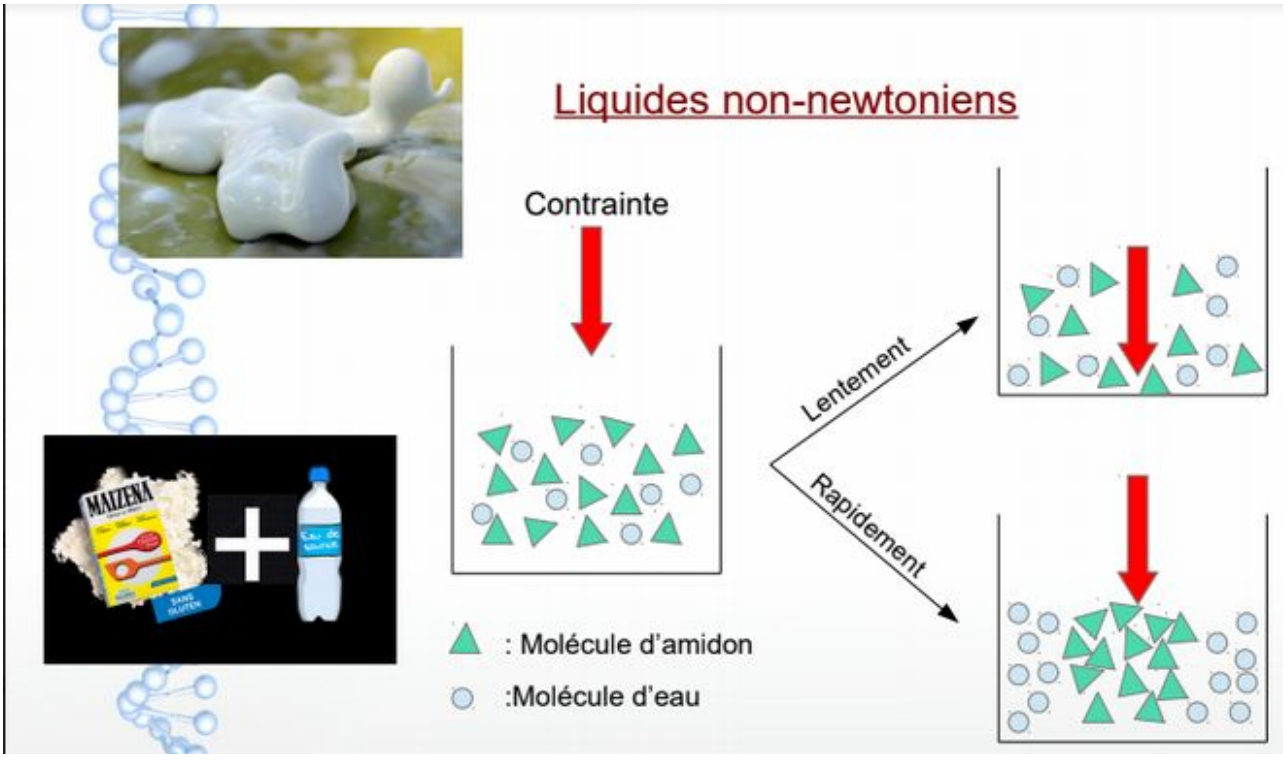
2) Toxicologie

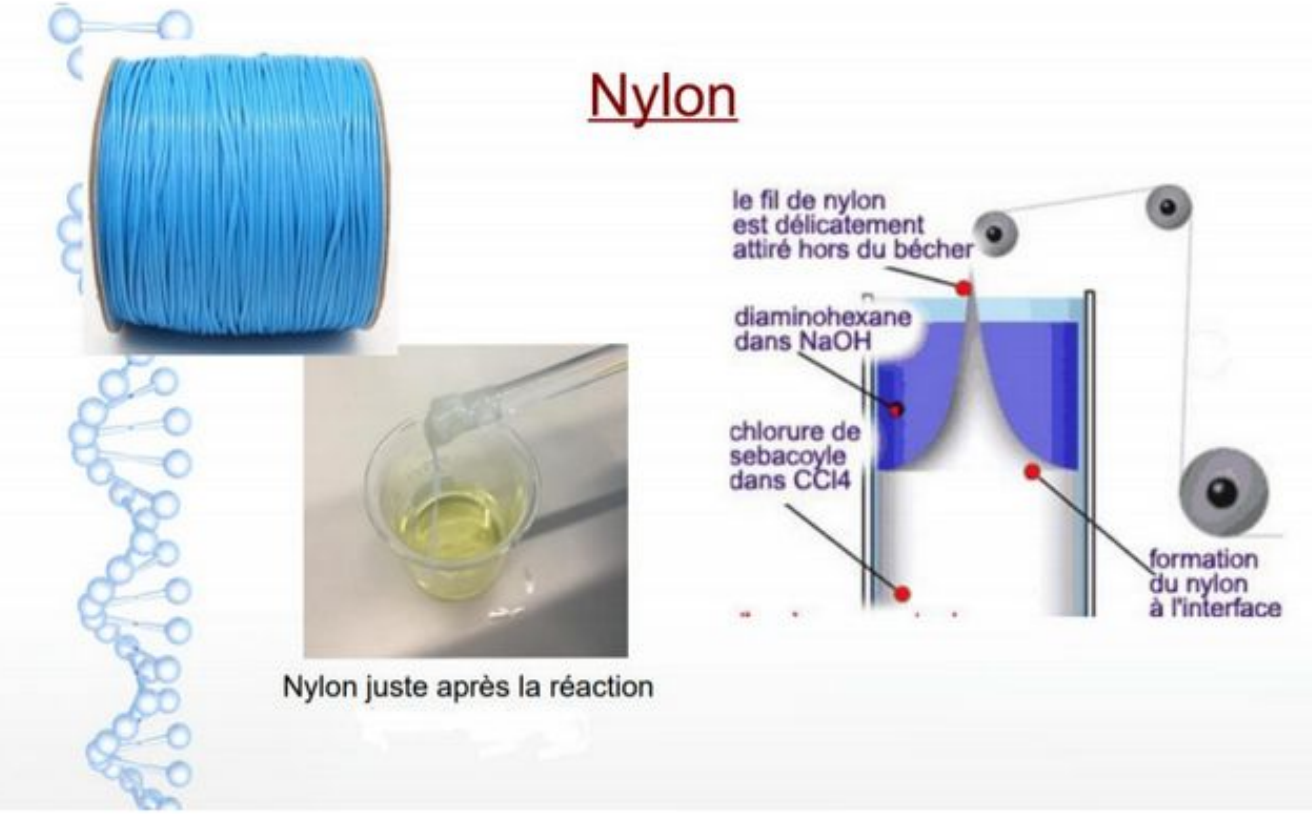
Molécule	Formule	Risques	Précautions
Tétraborate de disodium (Borax)	$Na_2B_4O_7$	Toxique pour la reproduction catégorie 1B	EPI
Alcool polyvinylique (PVOH)	$(C_2H_4O)_n$		EPI
Chlorure de sébacoyle	$C_{10}H_{16}Cl_2O_2$		EPI
Cyclohexane	C_6H_{12}		EPI
Hexaméthylène diamine	$H_2N(CH_2)_6NH_2$		EPI
Hydroxyde de sodium	NaOH		EPI
Tétraéthoxysilane	C8H20O4Si		EPI
Acide chlohydrique concentré	HCl cc		EPI

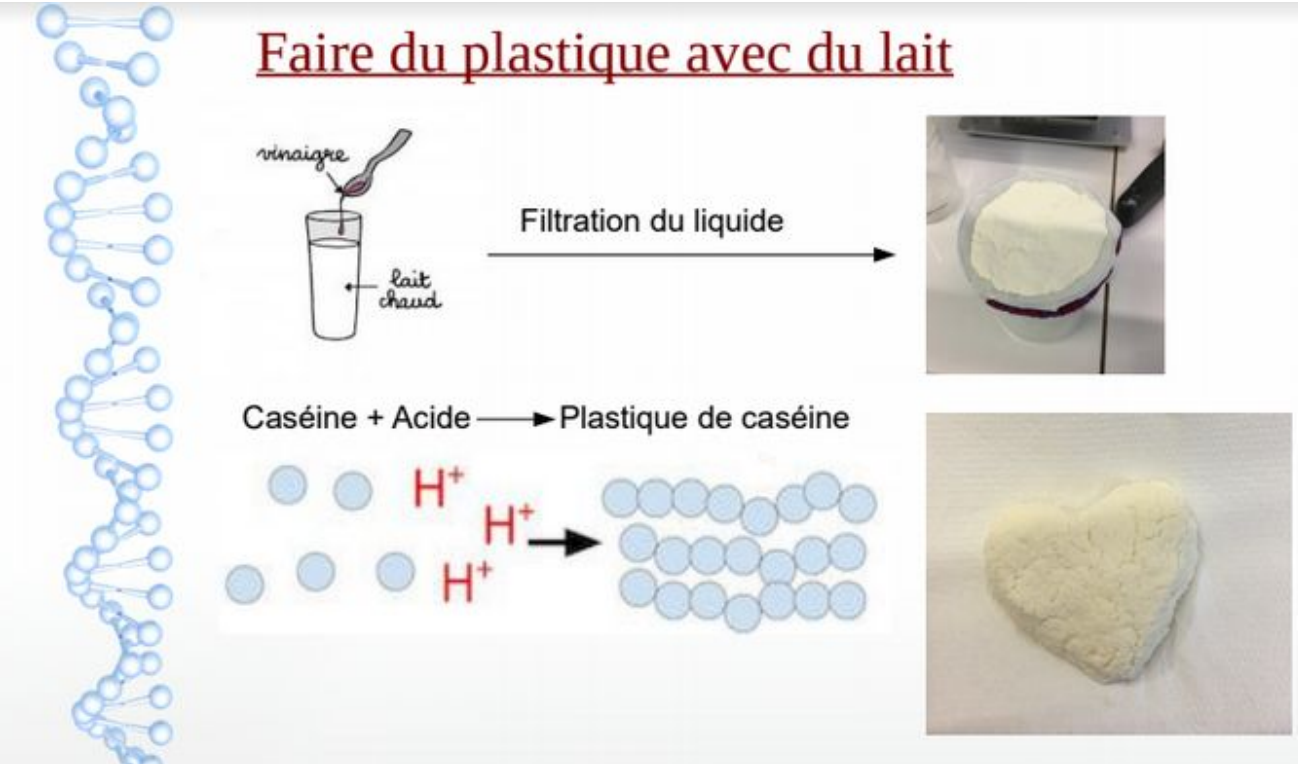
3) Diagramme de Gantt

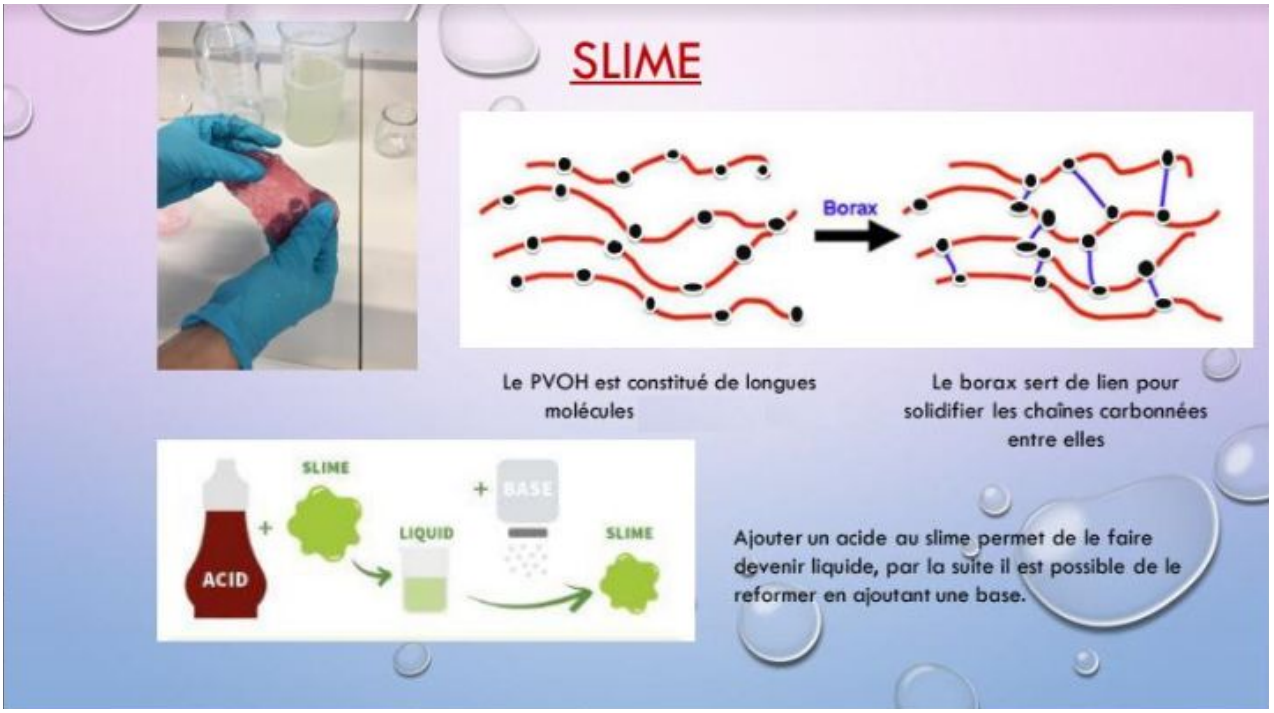
3) Fiches

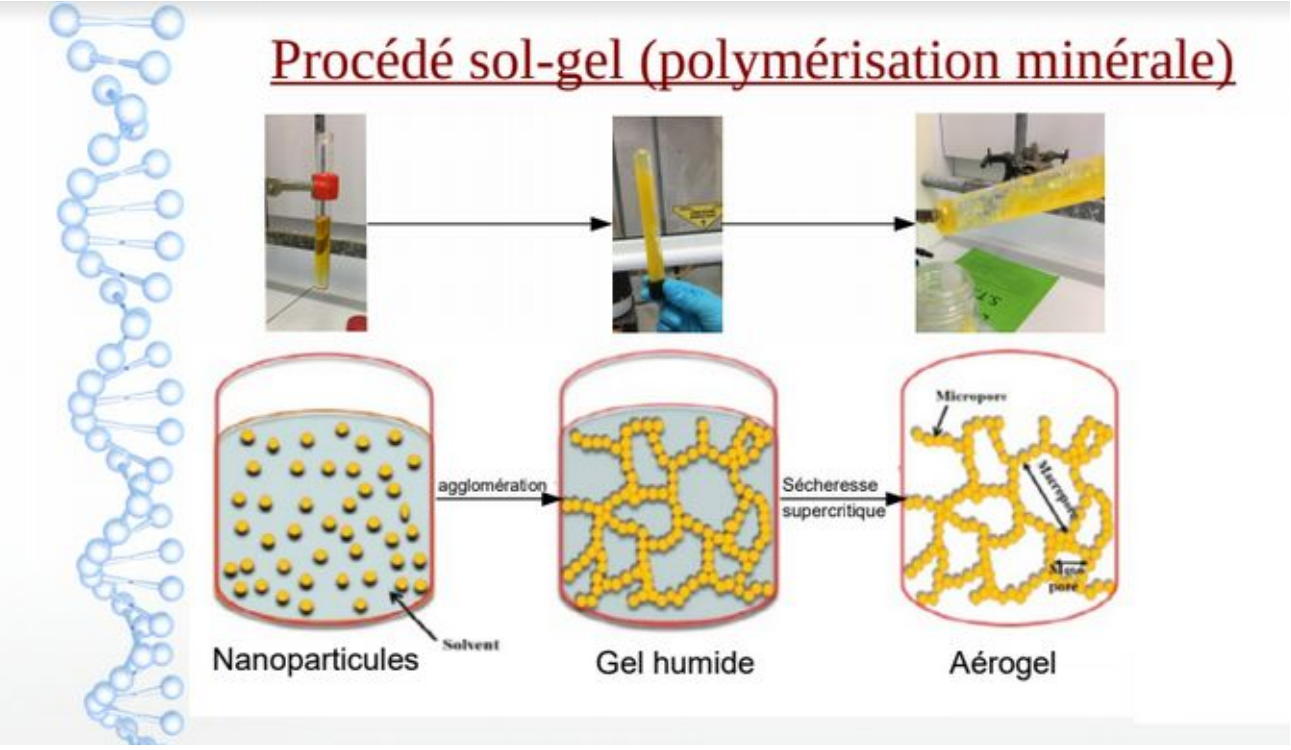

Sable cinétique
Force du couteau
: Grain de sable
: Molécule d'eau
: Molécule d'amidon
2 parts différentes
2


Liquides non-newtoniens
Contrainte
Lentement
Rapidement
MAIZENA
: Molécule d'amidon
:Molécule d'eau


Nylon
le fil de nylon est délicatement attiré hors du bécher
diaminohexane dans NaOH
chlorure de sebacoyle dans CCl4
formation du nylon à l'interface
Nylon juste après la réaction


Faire du plastique avec du lait
vinaigre
lait chaud
Filtration du liquide
Caséine + Acide → Plastique de caséine
H+
H+
H+


SLIME
Borax
Le PVOH est constitué de longues molécules
Le borax sert de lien pour solidifier les chaînes carbonnées entre elles
SLIME
BASE
ACID
LIQUID
SLIME
Ajouter un acide au slime permet de le faire devenir liquide, par la suite il est possible de le reformer en ajoutant une base.


Procédé sol-gel (polymérisation minérale)
agglomération
Sécheresse supercritique
Micropore
Solvent
Nanoparticules
Gel humide
Aérogel

5) Vidéos

Chaîne youtube :
https://www.youtube.com/channel/UCZllmxj6FHT0o6DRGS4mHRw