FONDATION CGENIAL

Sciences à l'École
www.sciencesalecole.org

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
académie Grenoble
Région académique Auvergne-Rhône-Alpes

Collège Les Dauphins

À VUE D'ŒIL

UNIVERSITÉ Grenoble Alpes

ARKEMA
INNOVATIVE CHEMISTRY

Generale d'Optique

CLD

Mme Devois
& Mr Bazin

Présentation

À vue d'œil est un projet qui consiste à comprendre un objet de notre quotidien : une paire de lunettes. Comment les fabrique-t-on ? Quels matériaux les composent ? Sur quel principe fonctionnent-elles ? Comment peut-on les améliorer ? Comment les rendre accessibles à tous et plus respectueuses de notre planète ?

Voici les questions que se sont posées les élèves des 3e et de 4e volontaires pour ce projet. Cet objet du quotidien est devenu bien mystérieux.

La première étape fut de faire l'état de lieux de leurs connaissances afin d'établir une problématique. Dans un second temps, d'expérimenter :
- en chimie : synthèse d'un polymère
- en physique : propriétés optiques des lentilles
- en SVT : anatomie de l'œil et ses défauts.

Les expérimentations sont le fruit des discussions avec les différents intervenants rencontrés (Yves Gimbert, Chercheur CNRS à l'Université de Grenoble, Jean-Pierre Disson, Directeur de laboratoire chez Arkema, M. Cachet, opticien) et de leurs recherches documentaires.

Mme Devois et M. Bazin

Sommaire

Introduction

I - Comment fabrique-t-on une paire de lunettes ?

II - Nos expérimentations pour fabriquer un verre de lunette.

1 – Le moulage
2 – Mesure de la correction de notre verre
3 – Anatomie de l'œil et ses défauts
4 – Les montures de lunette

III - Comment rendre une paire de lunette plus écologique ?

1 – Synthèse d'un bio polymère
2 – Recherche d'une monture écologique

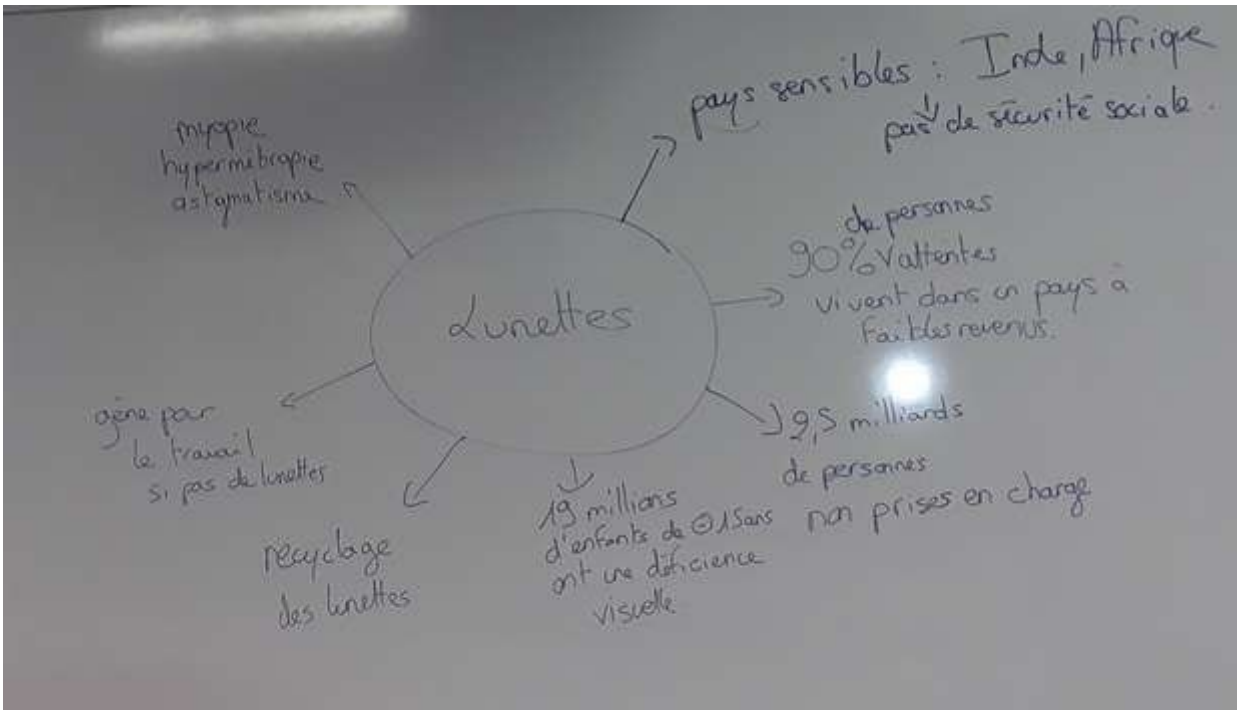
Conclusion et perspectives

Introduction

Sur les 7.5 milliards d'individus dans le monde, nous savons qu'aujourd'hui 2.5 milliards d'entre eux voient mal et ne corrigent pas leur vue. Cette absence de prise en charge est principalement due au fort coût des lunettes. Si celles-ci étaient biodégradables ou recyclables, on en fabriquerait beaucoup moins donc cela permettrait de réduire leur coût.
De plus 90% des personnes non soignées vivent dans des pays à faibles revenus, comme par exemple le Bénin, l'Argentine ou le Laos mais aussi de nombreux autres pays, où le prix d'une paire de lunettes peut représenter plusieurs mois de salaires.

D'autre part, dans les pays développés, environ 19 millions d'enfants sont touchés par une déficience visuelle ayant pour cause principale l'utilisation intensive des écrans, ce qui participe à l'augmentation du nombre de lunettes fabriquées.

Nos idées :



Si les lunettes étaient recyclables, elles seraient plus écologiques et les coûts de fabrication seraient diminués, donc elles seraient plus accessibles. Avec des lunettes biodégradables, on prendrait aussi en compte l'aspect environnemental.

Notre sujet consiste à essayer de comprendre la composition des verres de lunettes pour en faire une paire biodégradable.

Problématique :

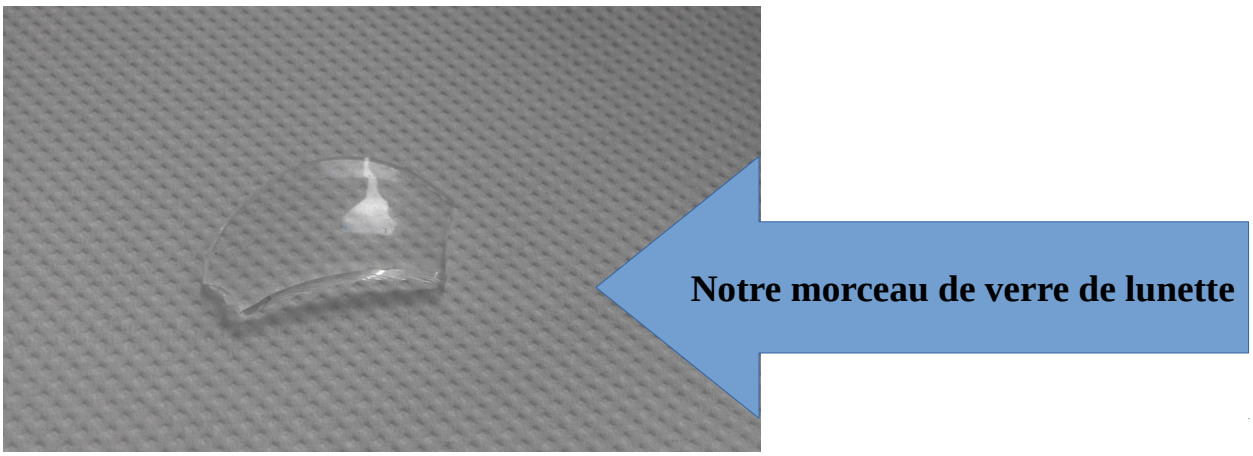
Comment réduire le coût des lunettes pour permettre l'accessibilité à chacun quel que soit son pays d'origine ? Comment rendre une paire de lunettes plus écologique ?

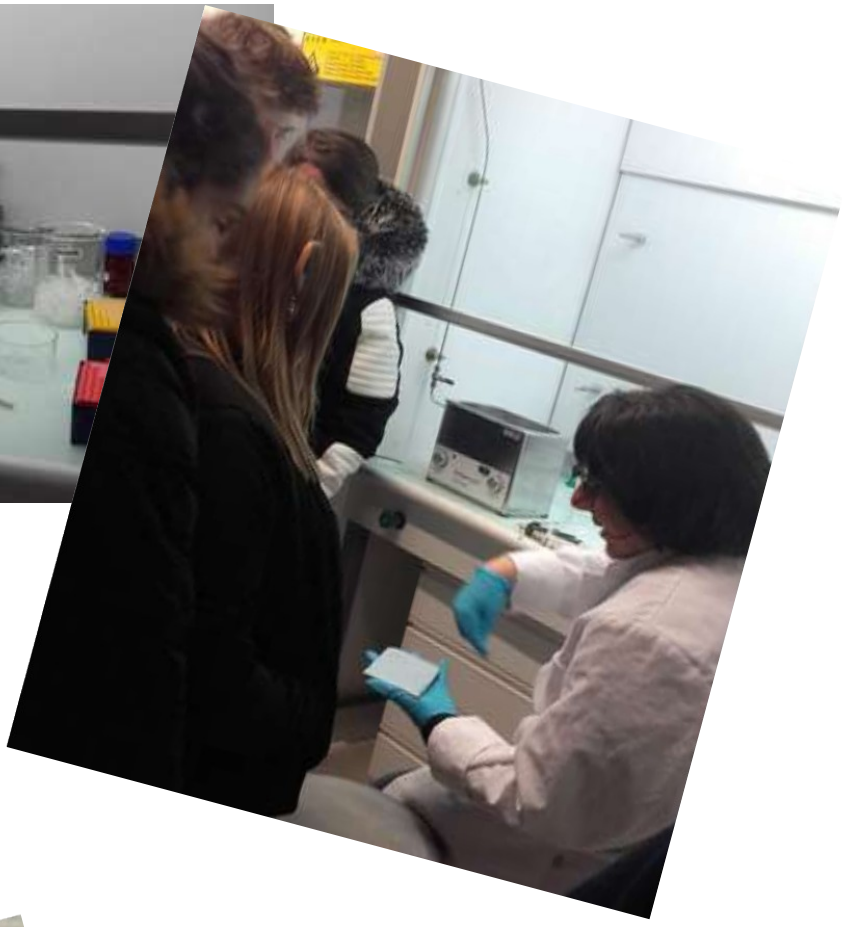
Mais avant de nous lancer dans la fabrication de verres de lunettes, il est nécessaire de savoir comment celles-ci sont fabriquées aujourd'hui.

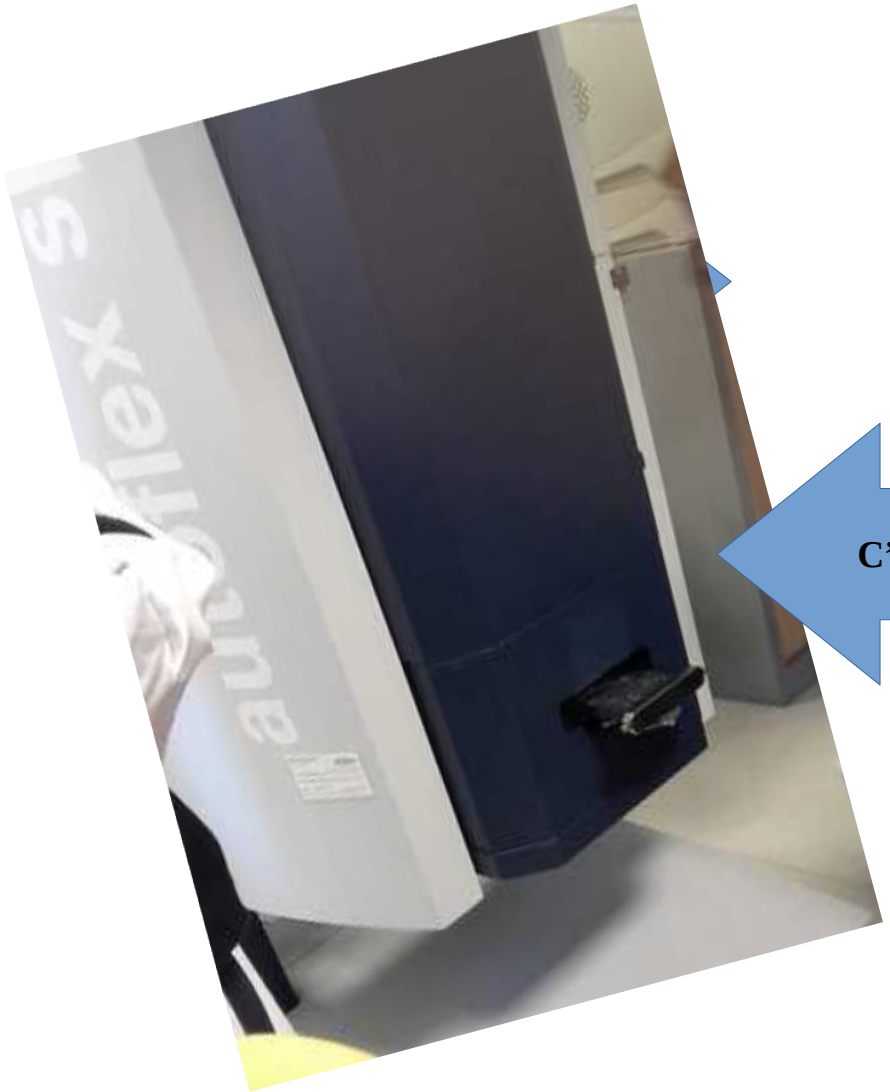
I - Comment fabrique-t-on une paire de lunettes ?

Nous étions persuadés que les verres de lunettes étaient constitués de verre comme celui des bouteilles. Afin de le vérifier, nous avons pris contact avec Yves Gimbert, chercheur au CNRS à l'Université de Grenoble.

Nous sommes allés dans son laboratoire au DCM Département de chimie moléculaire. Monsieur Gimbert nous a expliqué lors d'une conférence, que son laboratoire réalise des analyses de matériaux par spectrométrie de masse. Après nous avoir expliqué, le plus simplement possible, le principe, ils nous a montré comment ont été réalisées les analyses sur le morceau de verre que nous lui avions fourni.

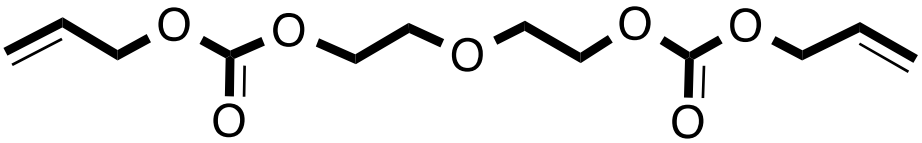






C’est parti pour l’analyse !!!

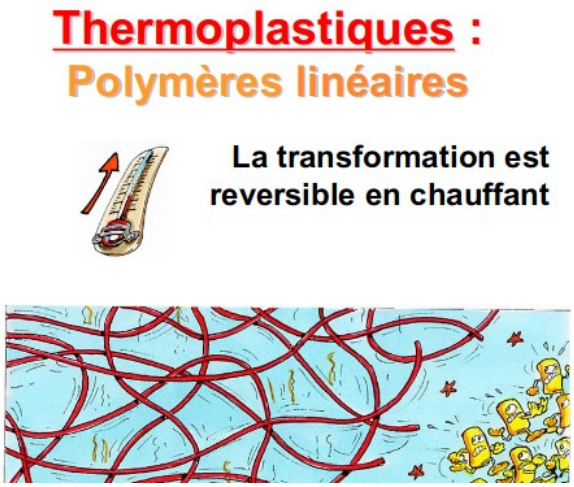
Le matériau est un polymère et son équipe, grâce aux résultats, a identifié le monomère d'origine : l'ADC (Allyl Diglycol Carbonate) de formule $C_{12}H_{18}O_7$.

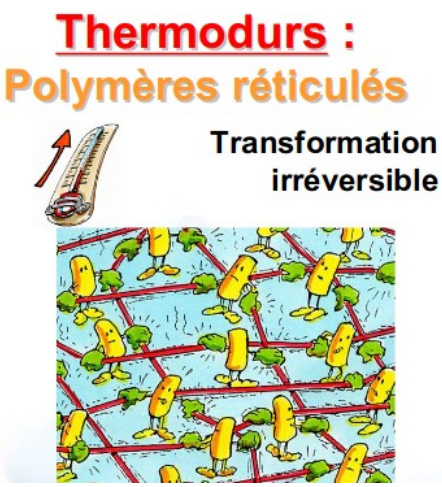


$C_{12}H_{18}O_7$

Nous avons ensuite poursuivi nos recherches pour savoir qui créait les polymères à base d'ADC pour les verres de lunette et nous avons trouvé l'entreprise Arkema. Nous sommes entrés en contact avec M. Disson Jean-Pierre, directeur de recherche chez Arkema à Pierre Bénite.
Il est venu au collège nous expliquer comment sont fabriqués des verres de lunette et nous a même montré un des moules qui sert à mouler les verres.

Nous savons que le polymère à base d'ADC est un polymère organique. Nous avons pu découvrir que le verre de lunette est un thermodur, c'est à dire qu'il ne peux pas être remoulé pour en faire un autre verre de lunette. Ce n'est donc pas recyclable.



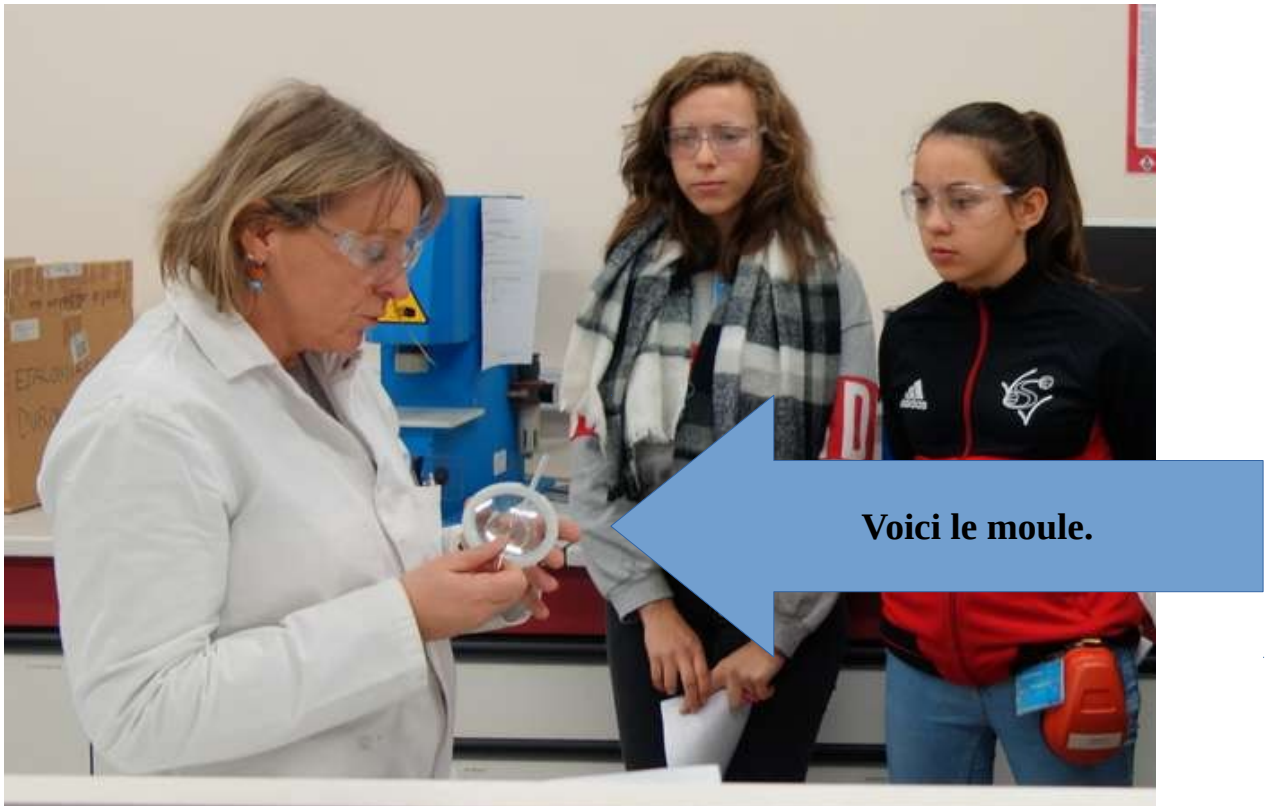


Il nous a fourni un mélange du monomère avec un peroxyde pour faire des tests.

Il nous a également expliqué qu'en 2017, il y avait 4 milliard de personnes présentant des soucis de visions à cause des téléphones et tablettes. En 2030, il y aura 3 milliards de presbytes, 2,7 milliards de myopes et en 2050, 5 milliards de myopes. Aujourd'hui, il y a plus de 2,5 milliards de personnes non équipées.

Il nous a invité dans son laboratoire où nous avons pu rencontrer son équipe et comprendre comment Arkema fabrique le polymère.

Monsieur Van Hemelryck a eu la gentillesse de prendre le temps de répondre à toutes nos questions.

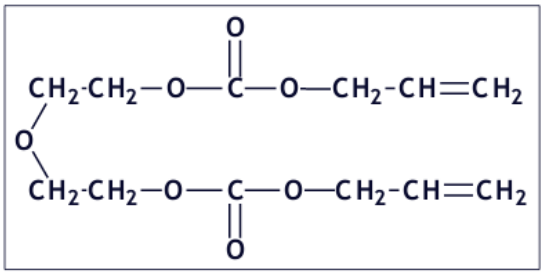


Le matériau de base utilisé pour la fabrication des verres correcteurs est le CR 39. Ce polymère fut découvert dans les années 40 par des chimistes de la Columbia Corporation qui étudiaient toute une série de polymères. L'un d'eux, auquel ils avaient donné le nom de Columbia Resin n°39 (en abrégé CR 39) a été utilisé pour la fabrication de verres de lunettes à la fin des années 50. Ce polymère est dit thermodurcissable, c'est-à-dire que, contrairement à d'autres polymères organiques, il ne se

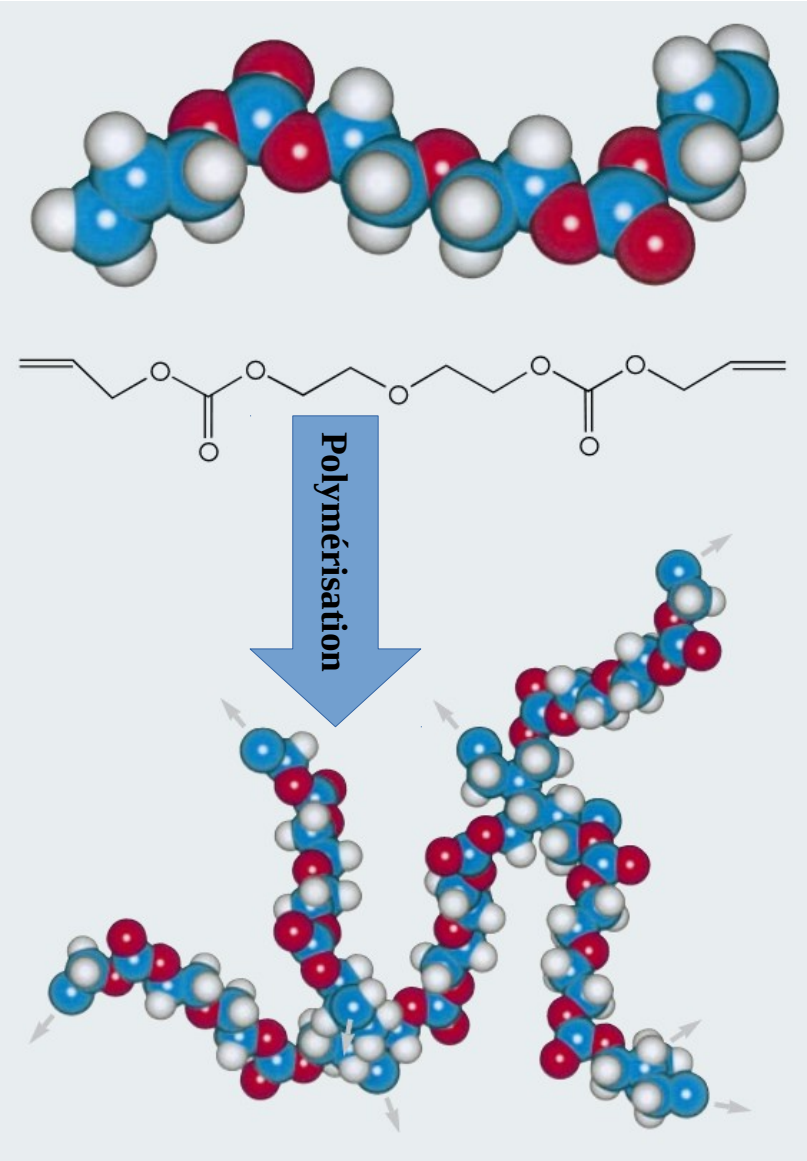
ramollit pas lorsqu'il est chauffé ; il devient plus dur. Ce matériau s'est imposé parce qu'il répond bien aux exigences des fabricants et des porteurs de lunettes :

- propriétés optiques proches de celles d'un verre minéral
- parfaite transparence,
- légèreté,
- bonne résistance aux chocs.

Il est à base du monomère « Allyl-Diglycol-Carbonat » (ADC) ou carbonate de diglycol allylique.

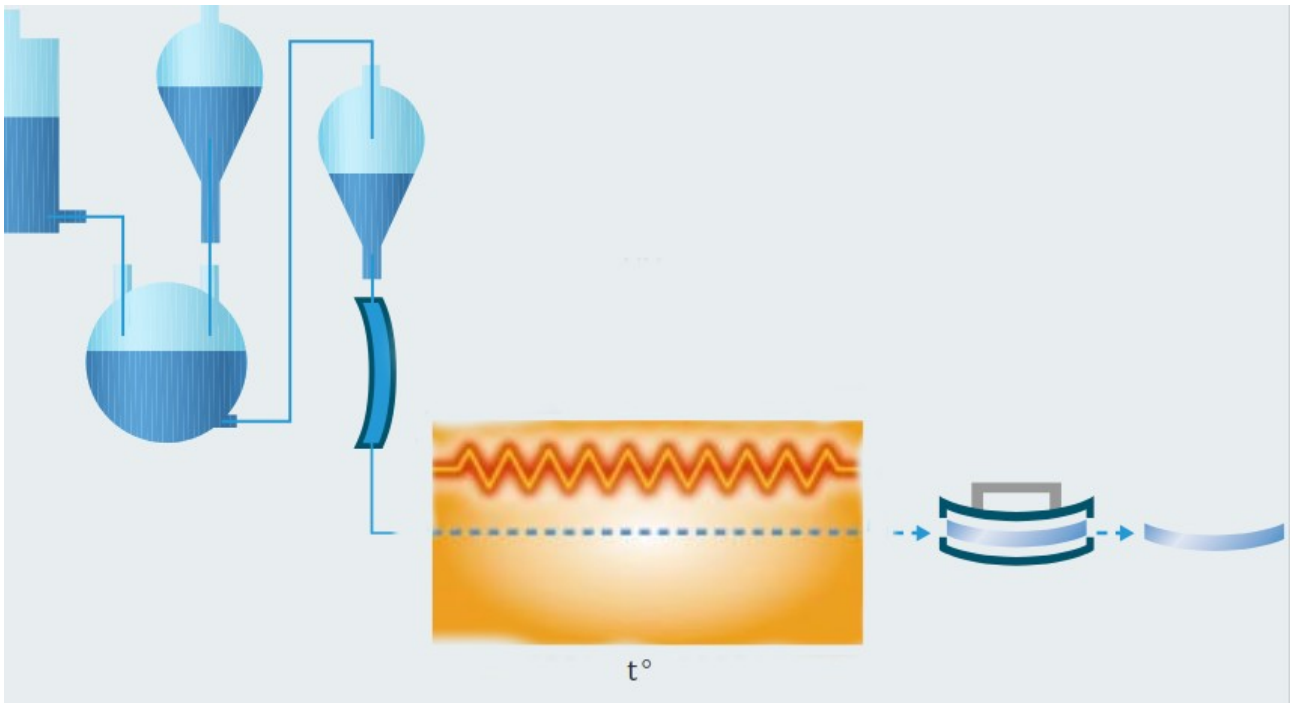


Le CR 39 est une résine thermodurcissable polymérisable c'est-à-dire qu'il se présente à la base sous la forme d'un liquide (le monomère) qui est durci par polymérisation sous l'effet de la température et d'un catalyseur(ici un peroxyde). La polymérisation est une réaction chimique qui consiste en l'enchaînement de plusieurs molécules identiques (du monomère) pour donner naissance à une nouvelle molécule (le polymère) de dimensions et propriétés différentes. Dans le cas du CR 39, ce polymère est réticulé (c'est-à-dire constitué d'un réseau tridimensionnel) ce qui a pour particularité de le rendre insoluble, résistant aux solvants.



Technique de moulage industrielle

Le monomère est approvisionné de l'industrie chimique sous la forme liquide et suit alors les étapes de fabrication suivantes :
- préparation du monomère: filtrage, adjonction d'un catalyseur,
- assemblage des moules : ils comportent deux parois en verre ou métal qui sont assemblées soit par appui sur un joint circulaire et serrage par un clip, soit au moyen d'un ruban adhésif,
-remplissage: l'espace vide créé entre les deux parois du moule est rempli de monomère liquide,
- polymérisation: les moules remplis sont placés dans des étuves où ils sont soumis pendant plusieurs heures à un cycle de températures - qui provoquent le durcissement progressif de la résine,
- démoulage: le joint ou ruban et les parois du moule sont séparés pour libérer le verre.



Grâce à toutes ces informations, nous avons procédé à des tests pour trouver une technique de moulage simple.

II - Nos expérimentations pour fabriquer un verre de lunette

1 - Le moulage

Notre objectif est de trouver un moule simple permettant de fabriquer des verres de lunettes.

Nous avons réalisé 6 tests qui ont permis de savoir quel moulage était le plus satisfaisant. Nous avons coulé dans ces moules le mélange contenant le monomère et le peroxyde.

Le premier test a été réalisé sur la plaque. Un groupe d'élèves a du mettre le liquide entre deux plaques.
➡ En résultat, le verre a cassé au démoulage.

Le deuxième test a été réalisé avec une coupelle. Le liquide a été mis dans un récipient.
➡ Après le chauffage, le verre s'est brisé.

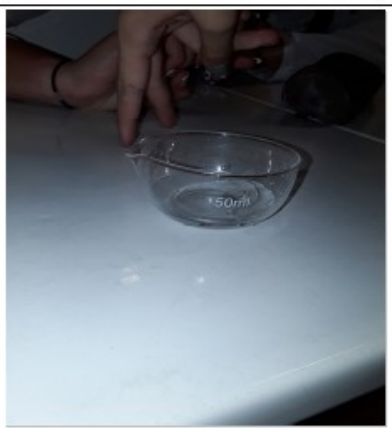
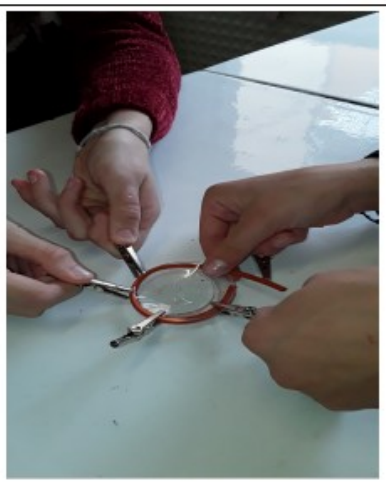
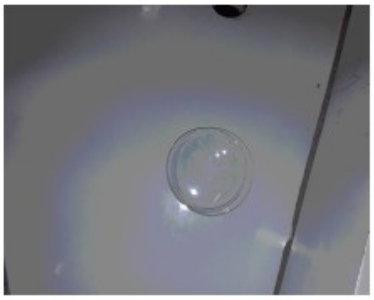
Le troisième test a été réalisé avec deux verres de montre soutenus par un joint que nous avons remplis de liquide.
➡ Celui-ci n'a pas cassé au démoulage et a obtenu la forme ronde.

Le quatrième test a été réalisé avec un moule à gâteau. Le liquide a été versé dans ce moule que nous avons recouvert d'un verre surmonté par un poids.
➡ Celui-là ne s'est pas solidifié pendant la cuisson.
Au final, au démoulage, le verre n'a pas tenu mais a obtenu la forme du moulage.

La cinquième a été réalisé de la même manière que le troisième sauf que le joint a encore mieux tenu.

Le sixième test a été réalisé comme le troisième et le cinquième sauf qu'il n'y avait pas de joint.
➡ Il n'a pas résisté à la cuisson.

Ensuite, nous les avons démoulé avec une spatule le plus délicatement possible.

Test 1	Test 2	Test 3
		
Test 4	**Test 5**	**Test 6**
		

Les moules retenus des tests 3 et 5 sont constitués de deux verres de montre et d'un joint.

Conditions de chauffage :

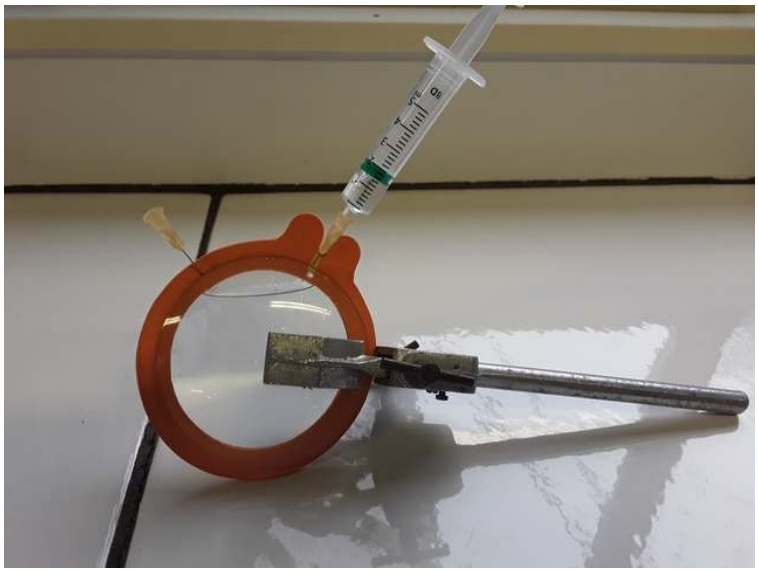
Nous avons mis le moulage à chauffer pendant quatre jours avec des cycles de 20 à 110°. Le premier jour, nous les avons mis à chauffer pendant quatre heures progressivement de 20 à 110°.

Les jours suivants, il a fallu mettre le chauffage pendant quatre heures à 110°.

Le four

Nous avons ensuite réalisé un moulage sur cette technique avec des verres de montre de diamètre plus élevé pour pouvoir faire des expériences d'optique.

Un joint plus étanche a également été utilisé.



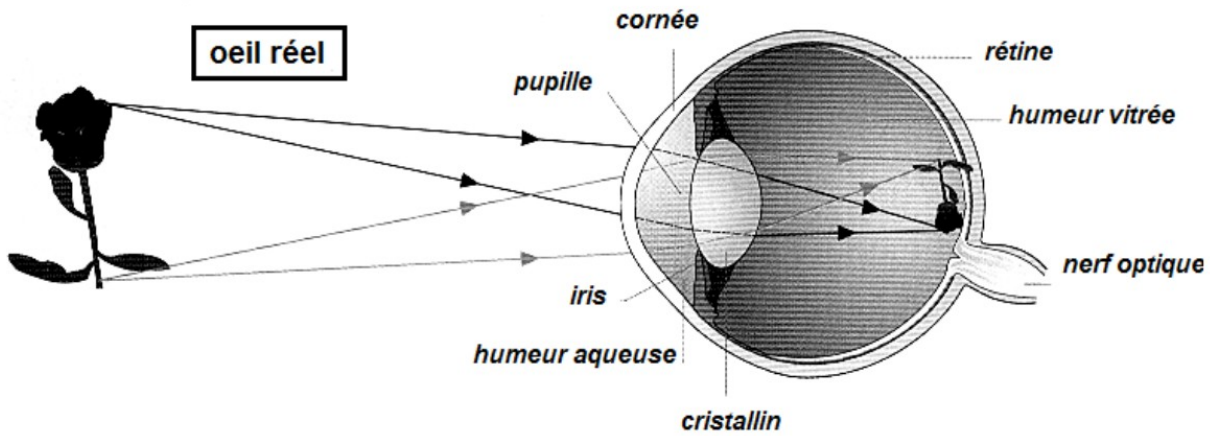
Nous avons réussi à obtenir un verre de lunette en CR39 avec un moule simple mais quelle est sa correction ?

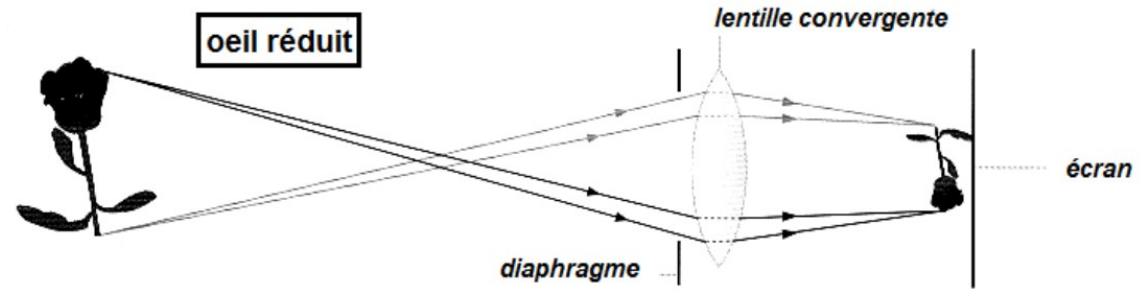
2 - Mesure de la correction de notre verre

Dans un premier temps, nous avons appris comment mesurer la vergence d'une lentille.

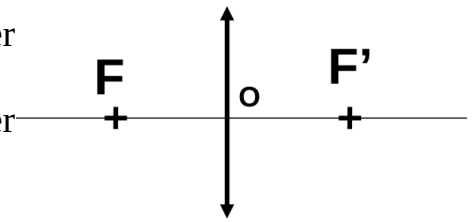
Petite introduction pour bien tout comprendre

Lorsqu'on voit une image, c'est grâce à notre œil mais aussi grâce à notre cerveau : l'œil voit l'image, il la met à l'envers sur notre rétine et notre cerveau nous la montre mais, cette fois à l'endroit.





LA DISTANCE FOCALE :
La distance focale de l'œil, c'est la distance entre le foyer du cristallin et la rétine.
Pour une lentille corrective c'est la distance entre le foyer de la lentille et le point de convergence de celle-ci.



La VERGENCE est l'inverse de la distance focale (1/distance focale). Elle est exprimée en dioptrie.
Les opticiens utilisent la vergence pour indiquer la correction dont on a besoin lorsqu'il nous faut des lunettes (lentilles).

Vergence d'une lentille

$$C = \frac{1}{f'}$$

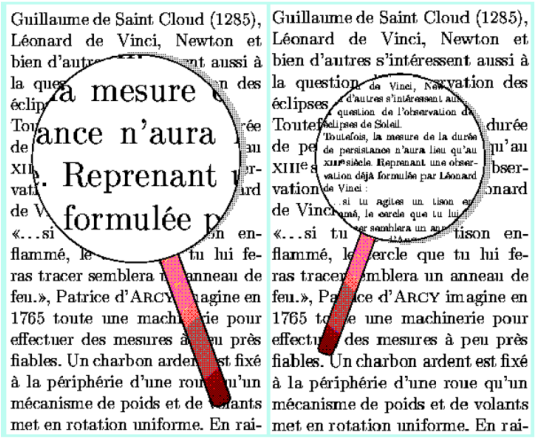
C : vergence en dioptries δ

f': distance focale en m

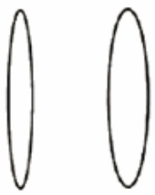
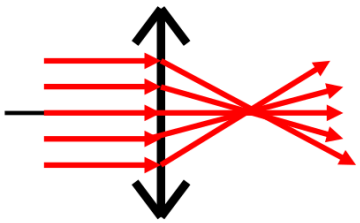
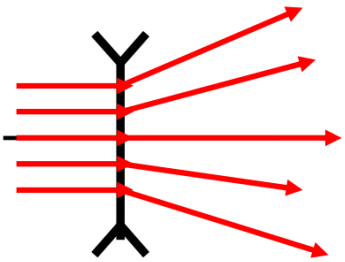
Pour les lentilles convergentes : f' > 0 donc C > 0

Pour les lentilles divergentes : f' < 0 donc C < 0

Il existe 2 type de lentilles :
Les lentilles à bord épais : le texte devient plus petit, le centre est creux.
Les lentilles à bord minces : le texte devient plus gros, le centre est bombé.
Lentille : milieu transparent limité par deux surfaces sphérique.



BORD ÉPAIS : lentille divergente les rayons s'écartent les uns des autres en traversant la lentille.
BORD MINCE : lentille convergente tous les rayons vont vers le même point en traversant la lentille.

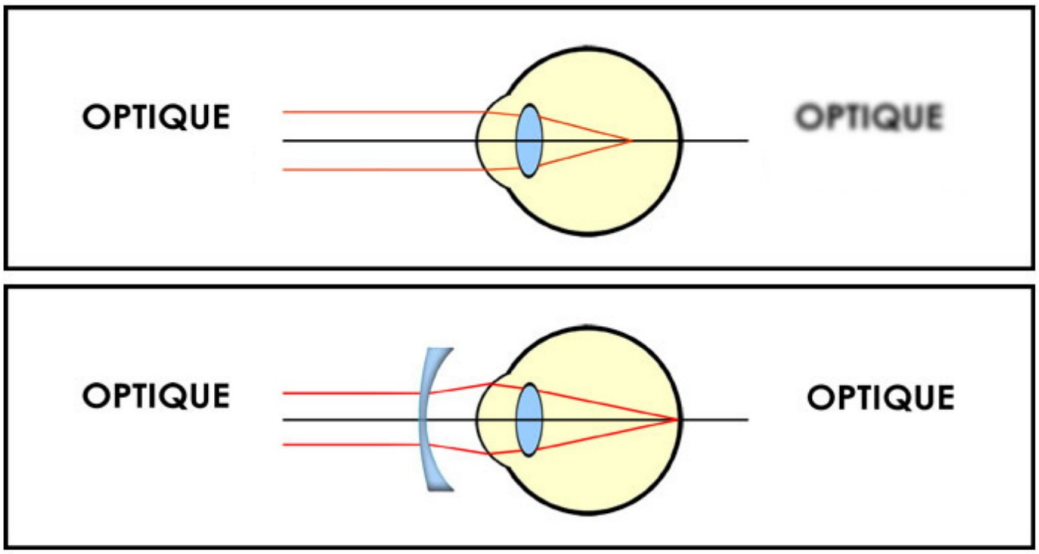
Lentilles à bords minces convergentes	Lentilles à bords épais divergentes
	
Schématisation	
	

ATTENTION !!! tous les rayons qui passent par le centre optique de la lentille ne sont pas toujours déviés...
-Si on prend la lentille en ligne droite le rayon part en diagonale.
-Si on prend la lentille en diagonale le rayon part en ligne droite.

LES DÉFAUTS DE L'ŒIL

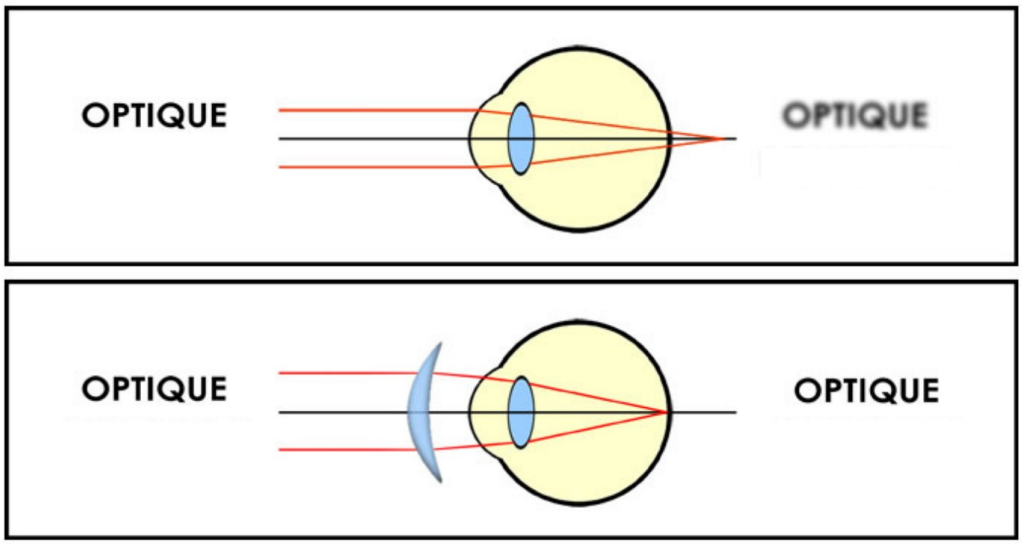
Nous allons parlé de 2 défauts : La myopie et l'hypermétropie, et nous avons cherché ce qu'il se passait dans l'œil.

Pour l'œil myope, l'image se forme avant la rétine, ce qui entraîne un trouble de la vision de loin. Il faut une lentille divergente pour corriger ce défaut.



Myopie

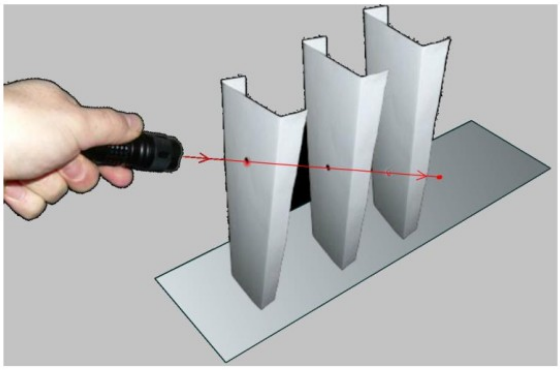
Pour l'œil hypermétrope, l'image se forme après la rétine, ce qui entraîne un trouble de la vision de près. Il faut une lentille convergente pour corriger ce défaut.



Hypermétropie

Pour trouver toutes ces informations, nous avons fait quelques recherches, mais surtout des expériences.

Expérience 1 : Nous avions des plaques avec des trous et nous avons essayé d'aligner les trous pour pouvoir, avec un laser "toucher" l'écran qui se trouvé après tous les trous pour prouver que la lumière se déplace en ligne droite.

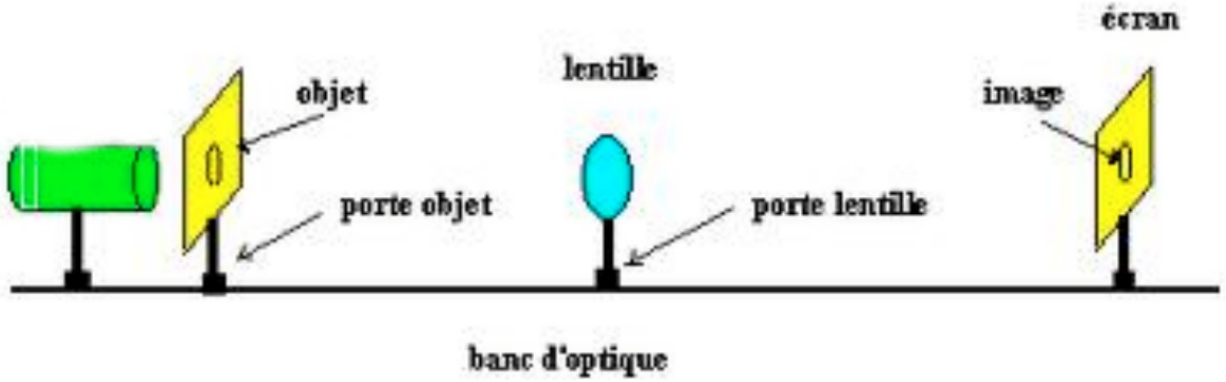


Expérience 2 : Nous avons placer différentes lentilles entre un objet et un écran. Nous avons modélisé l'œil.

Expérience 3 : Nous avons projeté une image sur un écran et nous avons mis des lentilles, divergentes et convergentes puis nous avons réalisé des mesures pour essayer de calculer des distances focales.

<u>Expérience 4 :</u> la détermination de la vergence de notre verre

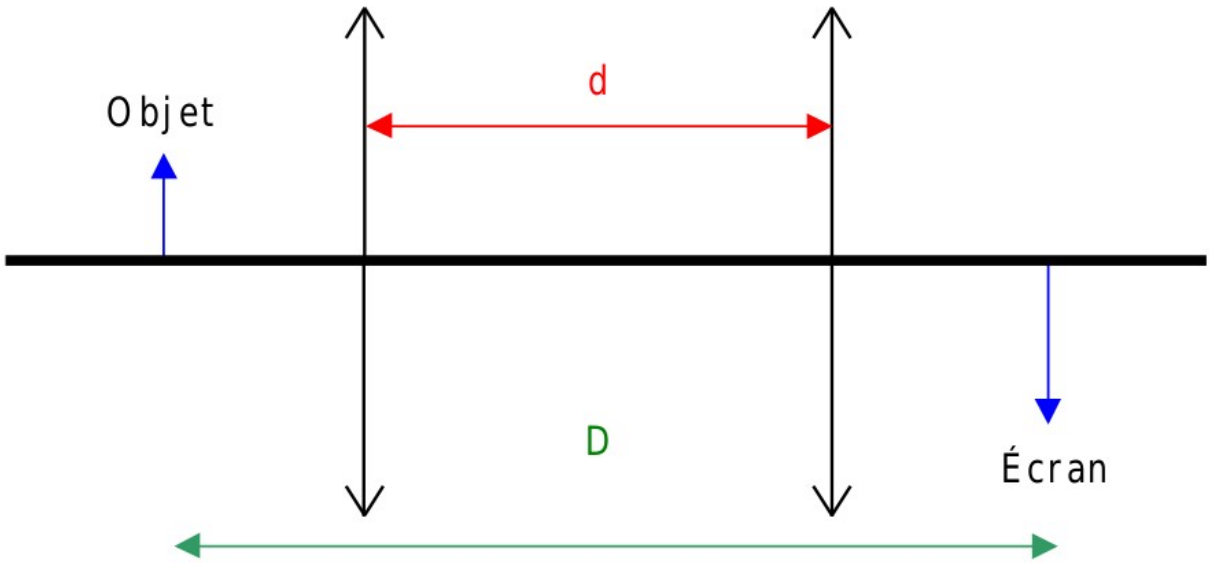
Voici notre montage :



Nous avons placé l'objet à 10 cm de la source lumineuse et l'écran A' à 110 cm de l'objet A.

AA' = 110 cm

L'objet et l'écran restent fixes. Nous avons fait coulisser la lentille afin d'obtenir une première image nette A'B' sur l'écran et noter la distance AO dans le tableau.
Puis en faisant coulisser la lentille nous avons obtenu une deuxième image nette A"B" sur l'écran (l'une des images est plus grande que AB, l'autre est plus petite) puis noter la distance AO' dans le tableau.
Afin de minimiser les erreurs de mesures, nous avons recommencé avec une distance AA' de 120 cm puis 130 cm.



Nous avons ensuite calculer la distance d entre les deux positions trouvées avec la lentille.
Nous avons ensuite appliqué la formule de Bessel pour trouver la distance focale :

D > 4 x f'

$$OF' = \frac{D^2 - d^2}{4D}$$

D = AA’ (en cm)	110	120	130
AO (en cm)	28	27	24
AO’ (en cm)	82	96	106
d = AO’- AO (en cm)	54	69	82
OF ‘ (en cm)	20,8	20,0	19,6
C en δ	4,8	5,0	5,1

En moyenne : OF’ = 20,2 cm donc C = 1/f’ = 5 δ

Notre verre a une correction + 5.

Il peut donc convenir à un hypermétrope.

3 - Anatomie de l'œil et ses défauts

Afin de mieux comprendre comment fonctionne notre œil et appréhender ses défauts, nous avons disséqué des yeux de bœuf.

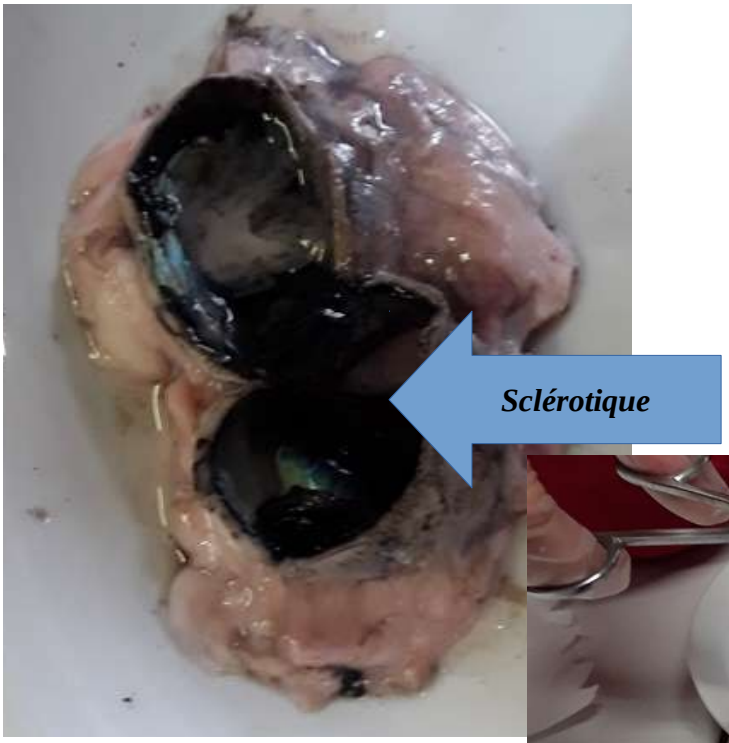
L'œil est d'apparence noir au centre à cause de la congélation.

Nous avons tout d'abord découpé la graisse et les muscles autour de l'œil avec des ciseaux de dissection. Le globe oculaire est ainsi nettoyé.

Nous avons observé le nerf optique, la cornée, la sclérotique.

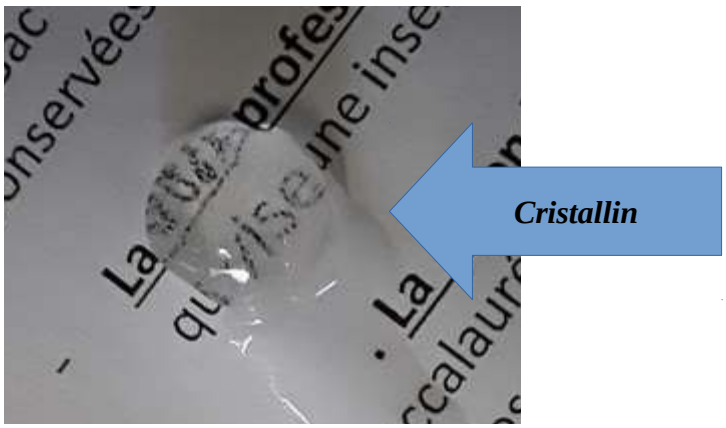
Avec le bout des ciseaux, nous avons réalisé une petite incision appelée boutonnière puis nous avons découpé la paroi de l'œil, la sclérotique au milieu.

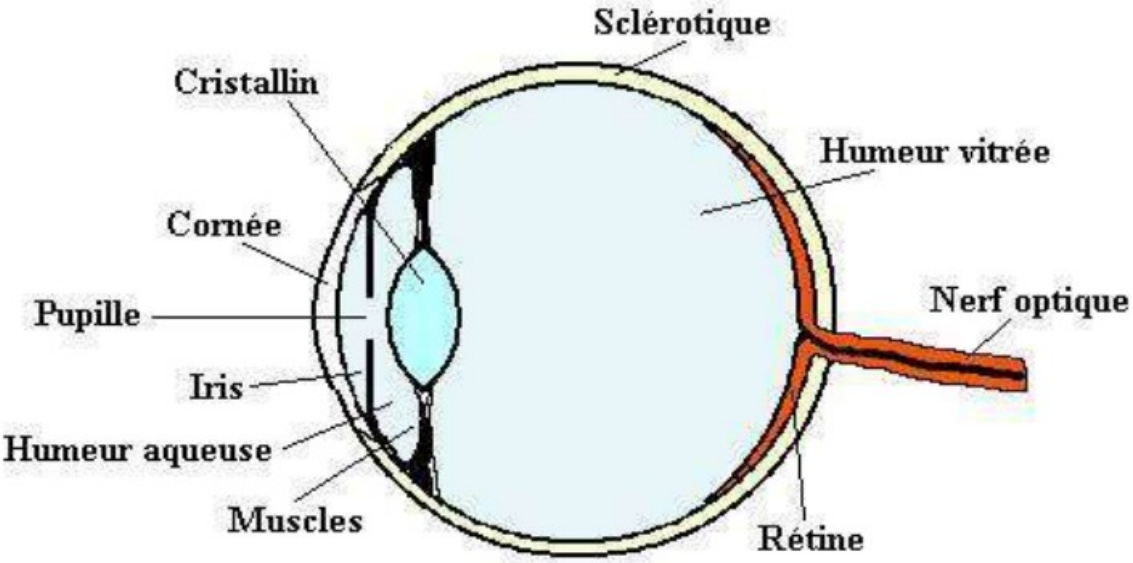
Une fois l'œil ouvert, nous avons observé l'humeur vitrée et la rétine.



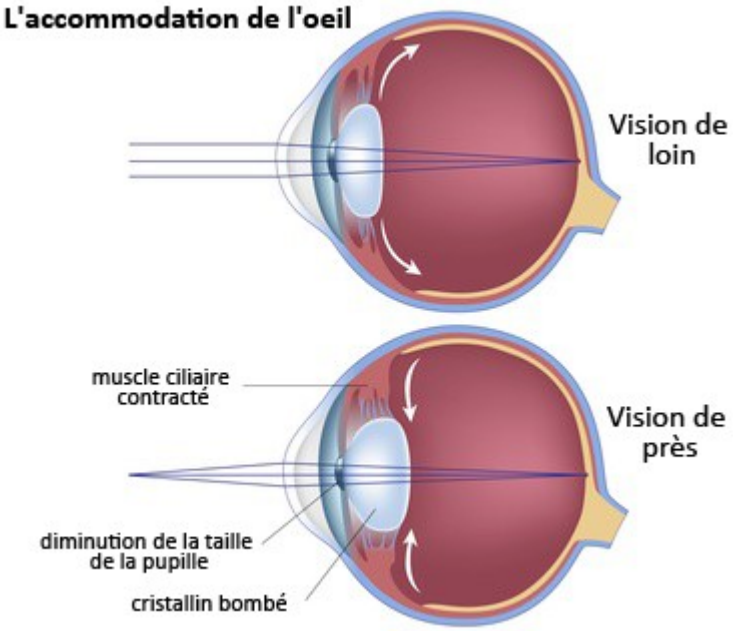
Nous avons placé l'humeur vitrée dans un bécher, nous avons observé la pupille et l'iris puis nous avons isolé le cristallin.

Nous l’avons placé sur un texte. Le texte est grossi, c’est donc bien une lentille convergente.





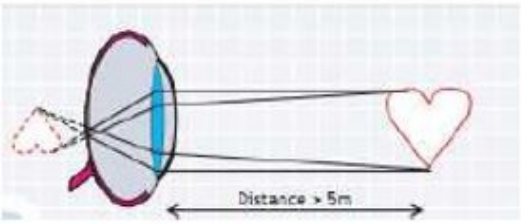
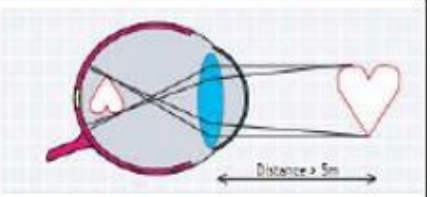
Grâce aux muscles, l'œil est capable d'accommoder.



En **vision de loin**, le muscle ciliaire est relâché, le cristallin devient moins bombé.

En **vision rapprochée**, afin de conserver une vision nette, les muscles ciliaires se contractent ce qui permet au cristallin de se bomber.

<u>Les défauts de l'œil</u>

	Hypermétropie	Myopie
Défaut	Globe oculaire trop court.	Globe oculaire trop long.
Schéma		
Explication	L'image se forme en arrière de la rétine	L'image se forme en avant de la rétine
Type de vision	Vision difficile de près Vision lointaine possible (accommodation)	Vision lointaine floue Vision de près de bonne qualité

Nous connaissons les deux principaux défauts de l'œil et nous avons réussi à fabriquer un verre de lunette. Mais comment fait-on pour le mettre sur une monture ?

4 - Les montures de lunette

Ce vendredi 18 Janvier, le groupe s'est rendu chez l'opticien « Général d'optique » de La Tour Du Pin, dans le but de nous montrer comment monter des verres sur une paire de lunettes.
Une fois sur place nous avons été accueilli par Monsieur Cachet le responsable de l'établissement. Ils nous a tout d'abord expliquer la méthode qu'il utilise.

machine qui serre à calculer la taille du verre

Meuleuse : à l'aide d'une ventouse cette machine va tailler le verre en fonction de la monture

Enfin pour tailler le verre pour qu'il rentre parfaitement dans la monture, on utilise une machine sur laquelle ont inscrit informatiquement les dimensions à laquelle les verres doivent être taillés. Et ensuite la machine le taille automatiquement. De l'eau est projetée pour refroidir le verre et enlever les poussières présentes sur le verre.

Puis les verres peuvent être installés sur les montures et les lunettes sont fin prêtes pour le client.
Nous avons pu garder l'exemplaire qui a servi à la démonstration.

Toutes ces montures ne sont malheureusement pas recyclables pour la plupart.

III - Comment rendre une paire de lunette plus écologique ?

Nous l'avons vu le verre en CR39 n'est pas recyclable ce qui est également le cas pour la plupart des montures.

1 - Synthèse d'un bio polymère

Afin de pouvoir réaliser des lunettes avec des verres biodégradables, il nous fallait choisir un bio-plastique. C'est à dire un polymère plastique fabriqué à partir de ressources naturelles et renouvelables.

Dans notre cas, nous avons trouvé un bio-plastique à base du polymère d'amidon. L'amidon est un glucide de réserve utilisé par les végétaux pour stocker de l'énergie. On le retrouve dans les organes de réserve des plantes : les graines, les racines, tubercules et rhizomes. Sur le plan industriel, c'est surtout l'amidon du maïs et de la pomme de terre qui est utilisé. L'amidon a pour formule chimique ($C_6H_{10}O_5$). L'amylose est un des composants de l'amidon. L'amylose est un composé biodégradable qui se dissocie en glucose assimilable sous l'action d'enzymes (les amylases). L'amidon a aussi la faculté de créer des films et est exploité dans l'industrie pour ses propriétés d'épaississant et de gélifiant.

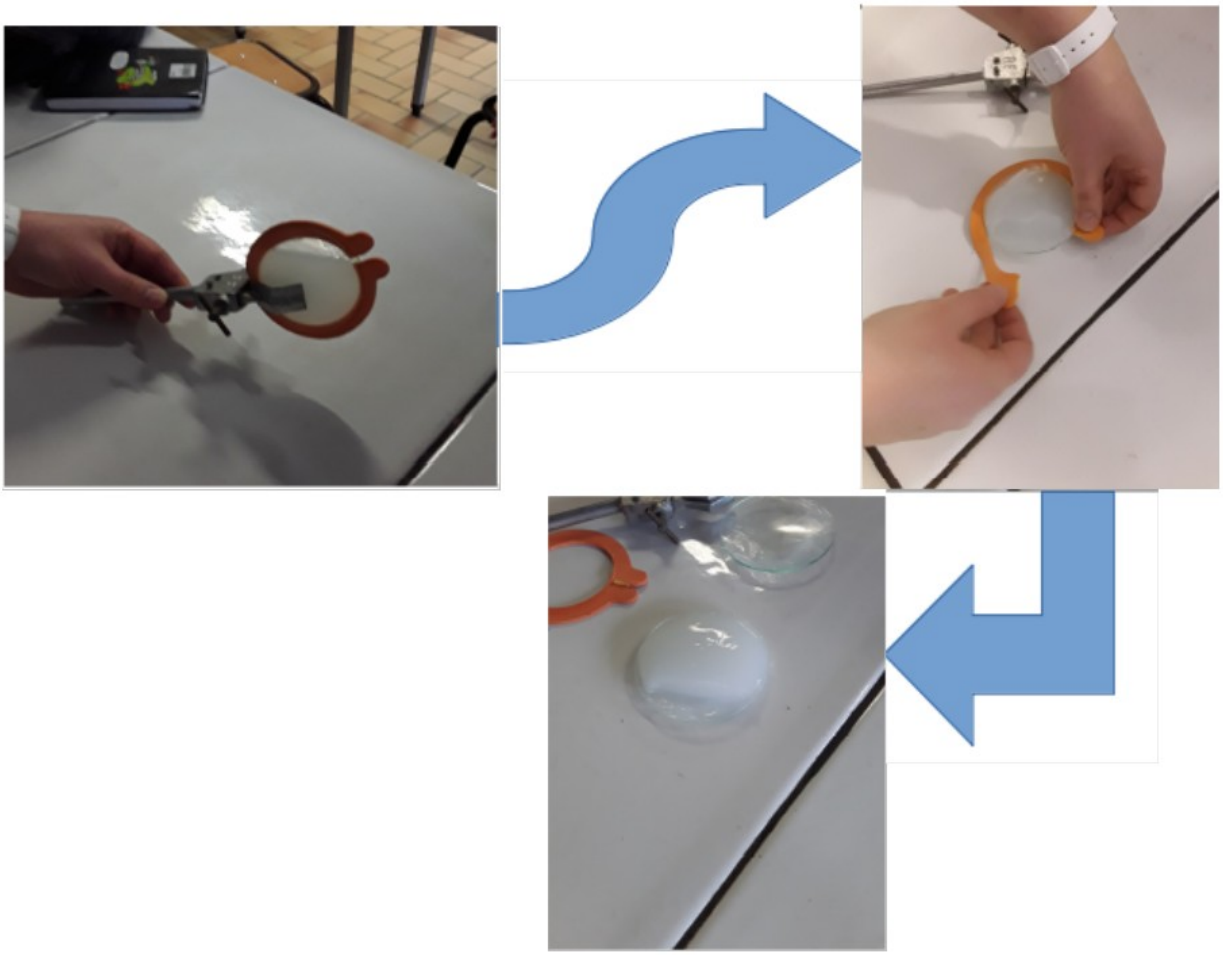
Nous avons réalisé la synthèse suivante.

Réactifs :
-2,5 g amidon de maïs
-eau distillée
-2ml glycérol (solution 50 % vol dans de l'eau distillée)
-colorant alimentaire liquide (quelques gouttes)
-3ml HCI 0.1M

Matériel :
-1 erlenmeyer
- 1 tube à essai
-1 balance
-1 agitateur magnétique
-éprouvette graduée
-pipettes
-1 baguette en verre
-lunettes de protection
-plaque chauffante
- thermomètre fixé sur support

Manipulation :
1/ Remplir à moitié environ un erlenmeyer d'eau distillée, le mettre chauffer (jusqu'à 90 °C) sur la plaque chauffante. Il servira de bain marie.
2/ Placer 2,5 g d'amidon de maïs dans un tube à essai.
3/ Ajouter 2 mL de glycérol à l'aide d'une pipette en plastique.

Le glycérol va servir de plastifiant. Il ne fait pas de réaction chimique. Il permet simplement d'augmenter le volume libre entre deux chaînes de polymères pour favoriser le mouvement de l'une par rapport à l'autre. De plus, l'ajout de glycérol rend le plastique transparent.
4/ Ajouter enfin 10 mL d'eau distillée à l'aide d'un éprouvette graduée et 3 mL d'acide chlorhydrique à l'aide d'une pipette.
L'acide sert à favoriser la déstructuration du grain d'amidon. Chimiquement, il n'y a aucune différence (les chaînes de glucose sont juste un peu plus courtes à cause de l'acide). Il ne fait pas de réaction chimique.
6/ Mélanger à l'aide de la baguette en verre.
Fixer le thermomètre pour relever la température. Faire chauffer en agitant au bain marie.
Surveiller la température avec le thermomètre. Quand la température est de 80 °C, continuer le chauffage et l'agitation encore pendant 15 minutes.
7/ Attendre le refroidissement.



Une fois le polymère synthétisé, nous l'avons inséré dans notre moule. Nous l'avons mis à l'étuve pendant 12h.

Résultat :
Après le démoulage, nous avons obtenu un bio-plastique blanc et gélatineux. Il faut donc trouver un autre bio-plastique qui soit dur et transparent après la cuisson.
Nous étions déçus mais pas vaincus, nous allons poursuivre nos recherches !

2 - Recherche d'une monture écologique

Nous nous sommes intéressées aux montures en bois.

Woodlun's est une entreprise artisanale ardéchoise créées par Julie Cherpe et Erwan Méléard.

Elle fabrique des montures en bois. Les matières premières et le processus de fabrication sont issus de choix rationnels et utilisent des ressources locales de qualité dans le respect de l'environnement.

Nous espérons que le marché va croître pour que ces montures coûtent moins chère et qu'elles deviennent accessibles à tous puisqu'aujourd'hui le prix de ces montures est d'environ 100 € .

Conclusion et Perspectives

→ Nous allons continué nos recherches et nos tests pour trouver un polymère biodégradable, dur et transparent.
→ Nous allons contacté Woodlun's pour connaître leur technique de fabrication de monture en bois et peut être voir des prototypes.
→ Un autre axe sera également de trouver une technique de moulage permettant de créer d'autres corrections.

Nous remercions Monsieur Gimbert, Monsieur Disson, Monsieur Van Hemelryck, Monsieur Cachet pour leur accueil, leur bienveillance et leur aide ainsi que nos professeurs et Madame Garnier.

Les élèves du Club Sciences

Visa du chef d'établissement :

S. Matthalon - Principale

COLLEGE LES DAUPHINS
595, route de la Bourbre
38110 St JEAN DE SOUDAIN
Tél. 04 74 97 59 43
Fax 04 74 97 38 08
Email : Ce.0382621T@ac-grenoble.fr