

La peau s'éclate !

Projet réalisé par :

Aleksandra Kroll

Cécilia Louni

Lilia Malamelli

Projet encadré par :

M.Larose

M.Lespinasse

Résumé :

Chaque hiver il faut retourner dans ses placards pour retrouver sa paire de gants ! Il fait froid, cela paraît donc logique de se couvrir. Mais ce n'est pas juste pour la sensation de froid que nous mettons nos magnifiques gants mais aussi pour protéger notre peau. En effet, n'avez-vous jamais remarqué, qu'après avoir oublié de mettre des gants par un temps glacial, que vos mains étaient rouges, sèches avec même parfois des craquelures ?

Nous nous sommes donc penchées sur ce phénomène intrigant en remplaçant la peau par du latex. Nous avons exercé des forces sur du latex à différentes températures pour essayer de comprendre les désagréments que nous subissons chaque hiver.

Introduction :

Au début de première, notre professeur de physique de seconde nous a demandé si nous voulions participer aux olympiades de physique. Nous avons assez vite accepté, après avoir regardé le travail de certains élèves sur le site du concours, trouvant l'idée intéressante. Le choix du sujet a été rapidement décidé. En effet, il n'y avait qu'un sujet qui convenait à chacune d'entre nous. C'est ainsi que nos travaux sur l'élasticité commencèrent.

Nous voulions comprendre pourquoi en hiver la peau se fragilisait faisant parfois des craquelures et la rendant sèche. Par défaut, nous avons d'abord travaillé sur des gants en latex que nous découpons et auxquels nous appliquons des forces pour étudier son élasticité.

En faisant des recherches et en nous adressant à des laboratoires travaillant sur la dermatologie, nous nous sommes rendues compte que le latex était le matériau qui modélisait bien la peau pour notre expérience. La peau est constituée de plusieurs couches, et les modèles s'en rapprochant le plus sont réservés aux laboratoires et sont tout de même très loin de la constitution réelle de celle-ci. Les chercheurs à qui nous nous étions adressées ont dit qu'eux même avaient commencé à étudier l'élasticité grâce au latex.

Les questions auxquelles nous avons essayé de répondre étaient les suivantes :

La température a-t-elle une influence sur l'élasticité d'un matériau (le latex) ? Cela peut-il expliquer le craquellement de la peau en hiver ?

Sommaire

<u>Résumé</u>	p 02
<u>Introduction</u>	p 02
<u>I/ Grandeurs physiques étudiées</u>	p 04
1- <i>Température</i>	p 04
2- <i>Elasticité</i>	p 05
<u>II/ Expérience</u>	p 08
1- <i>Expérience préliminaire</i>	p 08
2- <i>Expérience principale</i>	p 12
<u>III/ Travaux et découvertes d'aujourd'hui</u>	p 15
1- <i>Elastographie</i>	p 15
2- <i>Sonoélasticité</i>	p 15
<u>Conclusion</u>	p 16
<u>Remerciements</u>	p 16

I/ Grandeurs physiques étudiées

1- La température

Notions:

La sensation de « *chaleur* » est physiologique. En effet, si l'on plonge sa main dans deux récipients remplis d'eau, on peut déterminer si l'un est rempli d'eau *chaude* ou d'eau *froide*.

Mais cela n'est qu'une sensation comme le montre une autre expérience : si l'on plonge sa main dans de l'eau tiède puis dans de l'eau froide et que l'on replonge sa main dans l'eau tiède celle-ci nous paraît plus chaude qu'avant. Comme c'est une sensation, ce n'est pas fidèle car ce n'est qu'une appréciation de l'observateur.

Il n'est pas possible de faire correspondre un nombre à la température, en effet la température n'est pas mesurée mais repérée grâce à des artifices.

La chaleur est un transfert d'énergie, une forme d'énergie. Il faut savoir également que si deux corps n'échangent que de la chaleur et seulement l'un avec l'autre, la chaleur cédée par le corps chaud est égale à la chaleur prise par le corps froid. L'échange s'arrêtera lorsque l'équilibre thermique sera atteint.

Thermomètres:

Il faut savoir qu'un thermomètre ne mesure pas les températures mais les repère. Il utilise la plupart du temps le phénomène de dilatation (solide, liquide ou gaz qui se dilatent quand la température s'élève).

Prenons l'exemple d'un thermomètre avec de l'alcool (Fig1). Lorsque la température s'élève, l'alcool se réchauffe et son volume augmente. Il prend de plus en plus de place, il se dilate. Le niveau du liquide monte donc et on peut ainsi déterminer la température en lisant sa valeur sur l'échelle graduée. La dilatation d'un liquide est toujours la même à une température donnée. Sans cette propriété, on ne pourrait pas utiliser les graduations du thermomètre pour repérer la température. Quand la température baisse, c'est l'inverse : le volume diminue. L'alcool a besoin de moins de place, il se rétracte. Le niveau de la colonne de liquide descend.

- 1-Liquide
- 2-Tube
- 3-Graduation
- 4-Réservoir

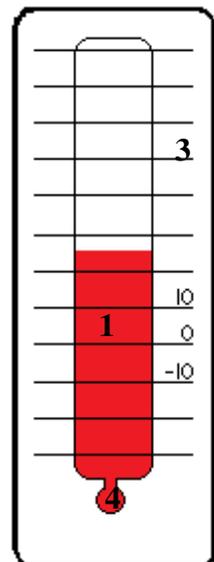


Fig 1.

Nous utilisons pour notre expérience un thermomètre LM35 de modèle TO-92 (Fig2). Ces thermomètres sont des capteurs de précision de la température composés d'un circuit intégré, dont la tension de sortie est linéairement proportionnelle à la température. Il a l'avantage de donner directement la température en degré Celsius, température que l'on peut repérer par l'intermédiaire du voltmètre. Ce capteur peut mesurer des températures allant de -55 °C à +150 °C.

Soient $+V_s$, la tension d'alimentation
 V_{out} , la tension de sortie
 GND, la masse.

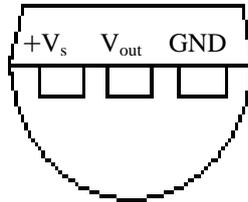


Fig 2.

Notions de température:

La température est une grandeur dont l'unité est le Kelvin (d'après le système international d'unités) notée K, mais l'unité la plus répandue pour cette grandeur est le degré Celsius noté °C.
 Le zéro absolu est la température la plus basse qu'il existe dans l'univers. Elle est à 0 K ou -273,15°C. Elle n'a jamais été atteinte et est donc théorique. La température la plus basse obtenue a été 273,14999999955°C en 2003.
 A cette température les particules sont dans un état d'énergie minimale.

0 K	Zéro absolu
-273,15 °C	
-523,67 °F	

Unités:

L'échelle Kelvin a été inventée par le physicien mathématicien britannique sir William Thomson Kelvin au XIX ème siècle. Zéro Kelvin correspond au zéro absolu.

L'échelle Celsius se traduit par la relation suivante: $T(°C) = T(K) - 273,16$. La température d'ébullition de l'eau est à 100°C et celle de sa congélation de 0°C (à une pression de l'ordre de 1013 hPa).

L'échelle Fahrenheit est l'une des plus anciennes échelles de température qui a été élaborée par le physicien Allemand Gabriel Daniel Fahrenheit. On peut établir la relation suivante : $T(F) = 32 + 1,8T(°C)$

2- Elasticité

L'élasticité est une propriété physique d'un matériau ayant la capacité de retrouver, au moins partiellement, sa forme initiale lorsque les forces exercées sur ce dernier ont été supprimées. L'élasticité a pour objet l'étude du comportement des solides suite à de petites déformations

réversibles dans un milieu homogène. On considère que les matériaux étudiés sont parfaitement élastiques, homogènes, uniformes, et isotropes (les propriétés physiques de ces matériaux sont les mêmes dans toutes les directions de l'espace). On peut alors déterminer un certain nombre de caractéristiques élastiques telles que l'allongement (du matériau), la notion de contrainte, la loi de Hooke ou encore le module de Young.

Si on fait une expérience dans laquelle on exerce une force de traction sur une section du matériau étudié, on observe une déformation, quantifiable grâce à une grandeur appelée l'allongement, notée Δl où $\Delta l = l' - l_0$ avec l_0 la longueur initiale de la section du matériau étudié et l' la longueur de cette même section après la déformation. De là, en découle une autre grandeur nommée l'allongement relatif défini par $\Delta l / l_0$ noté ϵ et qui apparaît dans différentes relations / formules physiques qui permettent de mieux comprendre la propriété élastique des matériaux.

L'essai de traction donne accès à une autre grandeur: la raideur, notée k (N/m) définie comme le rapport de la force de traction exercée F sur la section du matériau étudié à l'allongement Δl résultant:

$$k = F / \Delta l$$

$$\text{d'où } F = k \times \Delta l$$

L'expérience (en Fig3.) nous montre également qu'afin d'obtenir le même allongement Δl de deux sections droites d'un même matériau et de même longueur initiale, mais d'aires différentes S , la force de traction F exercée variera proportionnellement à S :

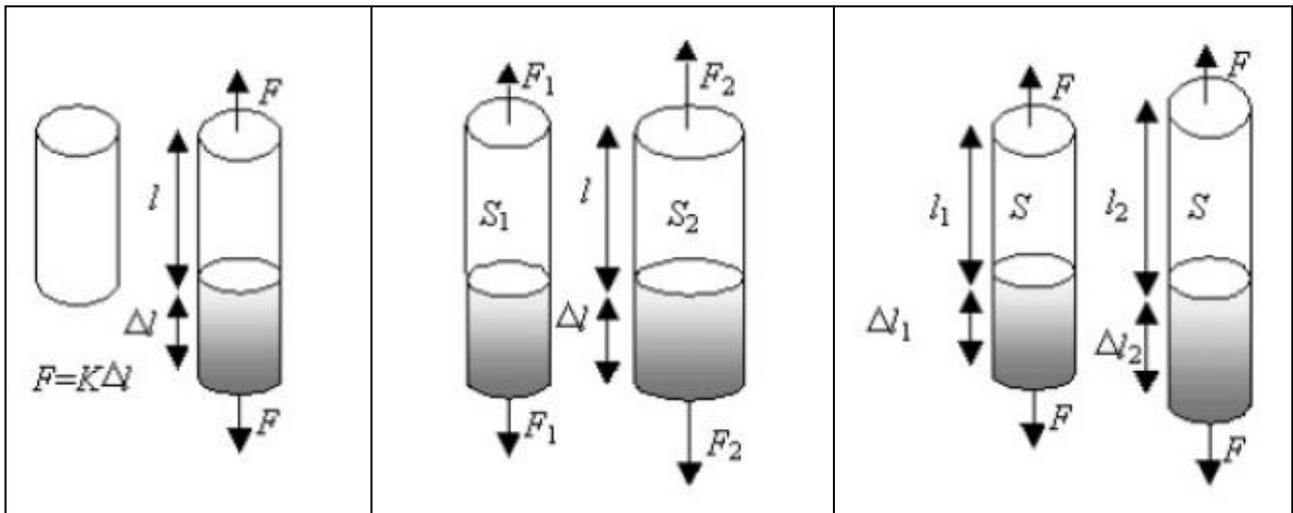


Fig3.

Cette proportionnalité donne lieu à une nouvelle grandeur: la contrainte $\sigma = F/S$

Elle a également montré qu'à aire de section S et à force de traction F fixées, l'allongement résultant Δl varie proportionnellement à la longueur initiale l (lorsque nous sommes dans le domaine élastique du matériau !)

Il en résulte que la raideur k varie proportionnellement à S et inversement proportionnellement à l de sorte que la relation $F = k \times \Delta l$ se met sous la forme:

$$\frac{F}{S} = E \frac{\Delta l}{l}$$

$$\text{Ou } \sigma = E \epsilon \quad \text{avec } E: \text{ le module d'Young du}$$

matériau.

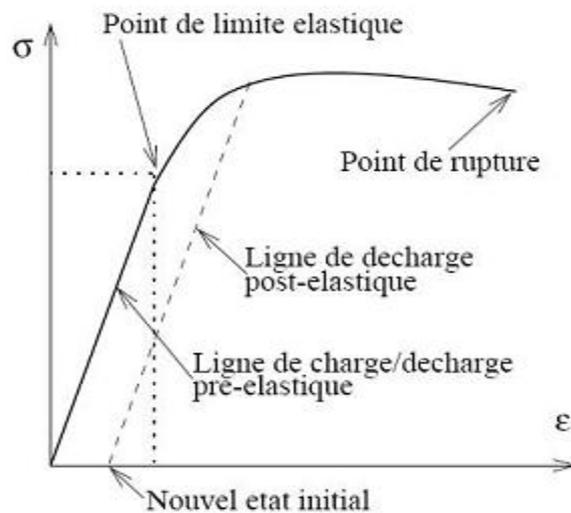
D'après cette relation nous pouvons dire que la contrainte appliquée est proportionnelle à

l'allongement relatif résultant : c'est la loi de Hooke, formulée par l'astronome et mathématicien anglais Robert Hooke, une loi reliant les petites déformations d'un solide à la contrainte qui leur est appliquée. Le coefficient de proportionnalité entre la force par unité de surface (contrainte σ) appliquée longitudinalement et la déformation rapportée à la longueur de l'objet et notée ϵ , s'appelle module de Young, noté E dans la relation : $E = \sigma/\epsilon$.

Le module de Young est caractéristique du matériau étudié et apparaît dans beaucoup d'équations décrivant le comportement de ce dernier.

Après disparition de la force appliquée, le matériau reprend sa forme initiale de façon parfaitement réversible : on dit alors qu'il a un comportement élastique. Par opposition, une déformation trop grande est généralement irréversible : on parle alors de déformation plastique.

Évolution de la contrainte σ appliquée en fonction de l'allongement relatif d'un matériau d'une grande rigidité :



1.1 - Courbe $\sigma_{11} = f(\epsilon_{11})$ dans un essai de traction

Fig4.

Dans notre expérience, nous avons étudié un matériau hyperélastique puisque élastomère: le latex. Un élastomère possède les propriétés suivantes : souple, il s'allonge facilement sous l'effet d'une traction, et possède donc un module d'Young peu élevé; il possède une résistance quand il est à son allongement maximal, lorsqu'il est près de la rupture ; puisqu'il est élastique il retrouve rapidement sa longueur initiale lorsque la sollicitation mécanique cesse.

II/ Expérience

1- Expériences préliminaires :

Au début de notre périple, et pour nous éclairer à propos de la notion d'élasticité, notre professeur nous a initiées à l'étude de l'élasticité grâce au dispositif suivant (Fig5.) :



Fig 5.

Consistant à suspendre des masses marquées, à un bout de latex, en faisant varier celles-ci (et donc la force appliquée au latex) nous observons une variation de la longueur l de notre bout de latex (proportionnelle à la force appliquée jusqu'à une certaine valeur). C'est après avoir effectué nos premières mesures que nous avons abordé la notion d'allongement relatif.

$$\varepsilon = \Delta l / l_0$$

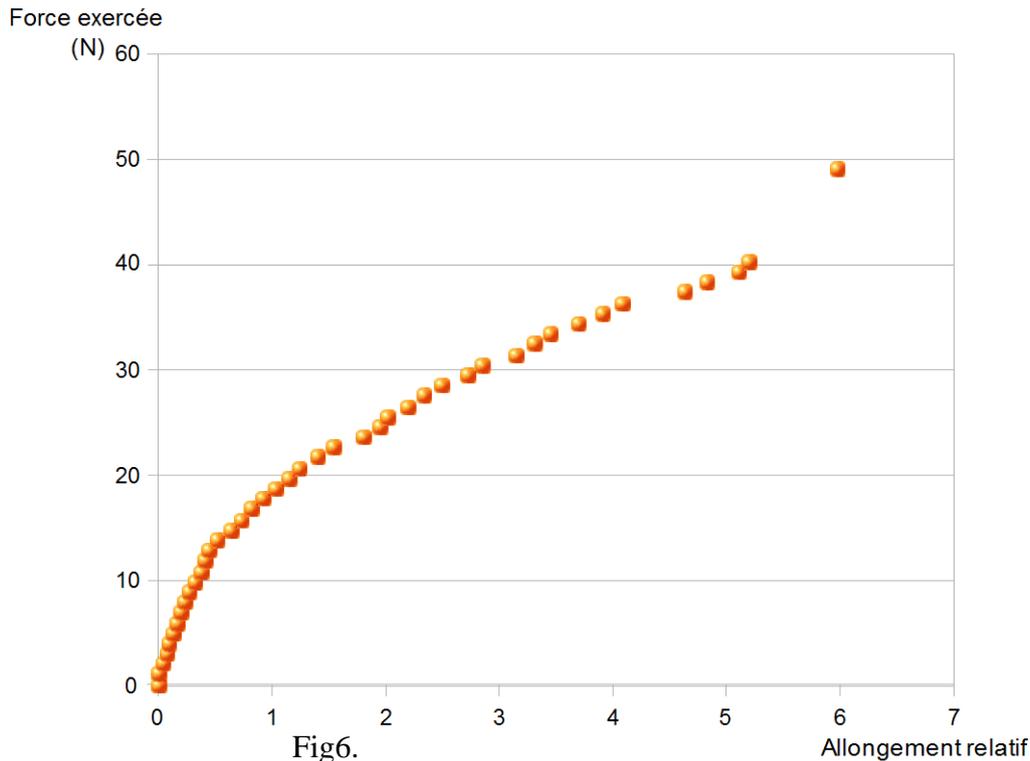
Avec : - ε l'allongement relatif

- Δl la différence entre la longueur mesurée et la longueur initiale du latex (m)
- l_0 la longueur initiale du latex (m)

Afin de caractériser le module d'élasticité du matériau, en l'occurrence le latex, nous traitons les différentes valeurs de la longueur qui varie en fonction des masses marquées. Nous en déduisons l'allongement relatif qu'a subi le latex ainsi que la force appliquée qui n'est autre que le poids. En résulte le graphique suivant qui exprime la contrainte en fonction de l'allongement relatif.

Nous constatons aussi qu'à partir d'une certaine force appliquée le latex ne retrouve plus sa longueur initiale : nous entrons alors dans le domaine plastique. Avant d'entrer dans ce domaine nous sommes dans le domaine élastique. Ce dernier est caractérisé par une linéarité où le coefficient directeur n'est autre que le module d'Young E (Fig6).

Evolution de la force exercée sur le latex en fonction de l'allongement relatif



Nous nous sommes alors demandés quel facteur pouvait influencer sur l'allongement relatif. Nous avons remarqué que la variation de la surface de contact (surface sur laquelle on applique une traction) influait sur l'allongement relatif de l'échantillon de latex, or nous pouvons faire varier cette surface en faisant varier l'épaisseur ou la largeur de l'échantillon.

La plasticité d'un matériau est caractérisée par un allongement irréversible de celui-ci, un écoulement plastique a donc lieu. L'allongement relatif dépend alors de la durée d'application de la force ainsi que de la valeur de cette force, c'est ce que l'on appelle mesure statique de l'élasticité (nous définirons cette mesure dans la prochaine partie) nous pouvons constater dans l'expérience réalisée ci-dessous l'évolution de l'allongement relatif en fonction de « temps » (durée d'application de la force):

Avec le même dispositif que l'expérience précédente, nous avons fixé un morceau de latex à une barre de métal et avons appliqué uniformément une force de 0,91N (grâce à une masse de 200g) sur la surface du morceau de latex sur laquelle la force est exercée.

Puis nous avons mesuré la longueur que l'échantillon de latex atteignait en fonction de la date t à laquelle nous la relevions :

l (cm)	17	17,6	17,6	17,6	17,8	17,8	17,8	18	18	18,3	18,3	18,5	18,5
t (min)	0	1'24	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	15
ϵ	1,267	1,347	1,347	1,347	1,373	1,373	1,37	1	1	1,44	1,44	1,47	1,47

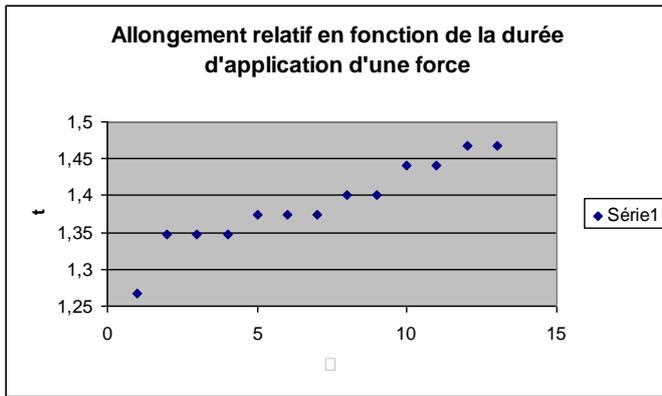


Fig7.

Nous avons aussi mis en évidence cet écoulement plastique en mesurant la longueur initiale de l'échantillon de latex (qui était de 7,5 cm), différente de la longueur finale (8,9cm)

Etude de l'allongement relatif en fonction de la largeur de l'échantillon de latex:

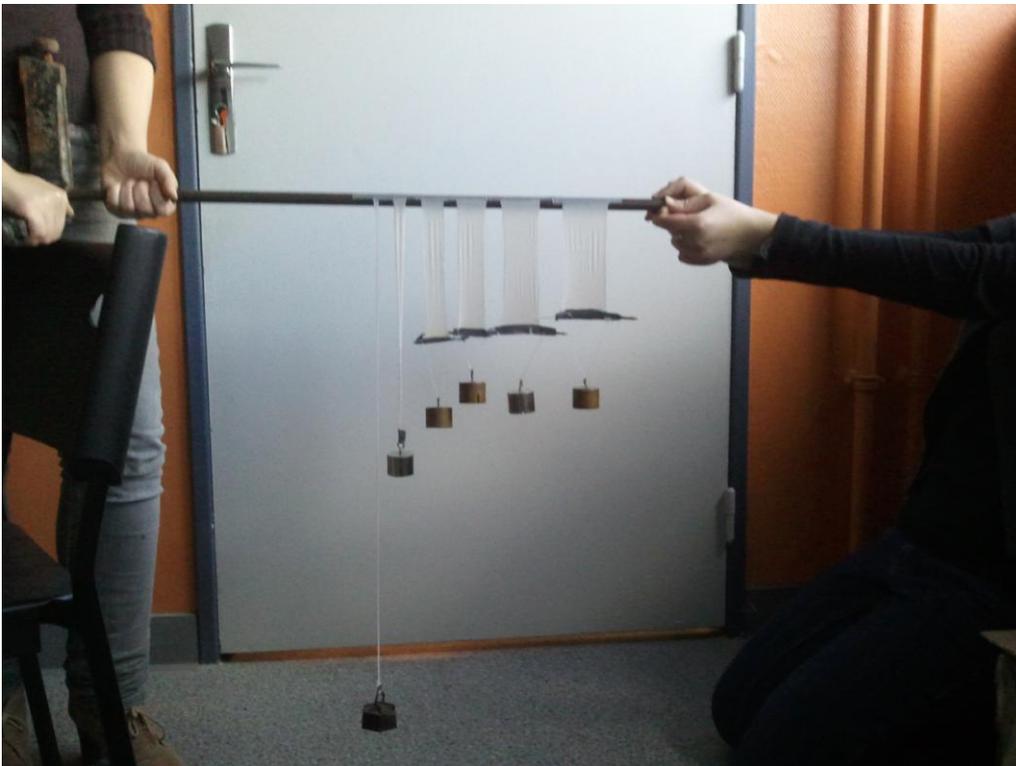


Fig.8

Ici, le facteur que nous avons fait varier est la largeur du bout de latex (de gauche à droite, les largeurs respectives sont : 1cm ; 2cm ; 3cm ; 4cm ; 5cm ; 6cm.).

La longueur initiale (13cm), la température (20,6°C) ainsi que l'épaisseur (environ 0.1mm) sont donc constantes. Nous pouvons très nettement observer la variation de la déformation du latex en fonction de ses dimensions : plus la largeur est importante, et moins l'allongement relatif est grand.

Largeur(m)	l0 (m)	l' (m)	ϵ	S (m ²)	F (N)	σ [(N/m ²) ou Pa]
0.01	0.13	0.64	3.92307692	0.000001	1.962	1962000
0.02	0.13	0.33	1.53846154	0.000002	1.962	981000
0.03	0.13	0.17	0.30769231	0.000003	2.3544	784800
0.04	0.13	0.16	0.23076923	0.000004	2.3544	588600
0.05	0.13	0.15	0.15384615	0.000005	2.3544	470880
0.06	0.13	0.13	0	0.000006	2.3544	392400

Etude de l'allongement relatif en fonction de l'épaisseur du morceau de latex:



Fig.9

Ici, la longueur initiale (13cm), la température ($21,3^{\circ}\text{C}$) ainsi que la largeur (2cm) des morceaux de latex sont identiques, le seul facteur que nous avons fait varier est l'épaisseur : de gauche à droite nous avons des épaisseurs correspondant à : 0,2mm ; 0,35mm ; 0,5mm (données du constructeur). Et nous pouvons remarquer de façon notoire que l'allongement relatif varie également en fonction de l'épaisseur, donc de la surface comme dans l'expérience précédente. La loi de Hooke montre que la contrainte (la force de traction divisée par la surface) est proportionnelle à l'allongement relatif du matériau dans le domaine élastique.

Nous avons donc décidé de nous intéresser au module d'Young du latex et de voir comment celui-ci varie en fonction de la température.

2- Expérience principale :

Nous nous sommes tout d'abord demandés pourquoi la peau se craquelait l'hiver. Après avoir décidé d'étudier ce sujet, il nous fallait trouver une modélisation de la peau pratique et avons trouvé que le matériau répondant à nos besoins était le latex : le module d'Young de la peau est compris entre 7kPa et 1,1MPa. Puis, il a fallu faire varier la température ambiante pour que cela ait une influence sur le latex. Nous avons donc construit un double caisson pouvant recevoir un fluide et ainsi faire varier la température du caisson dans lequel se trouve le morceau de latex. Pour que cela ait un sens, nous avons mis un thermomètre dans le caisson afin de pouvoir comparer nos mesures et interpréter les résultats. Puis nous nous sommes demandés si nous pouvions étudier l'élasticité du latex en fonction d'autres paramètres tels que l'épaisseur ou la largeur. Enfin, pour finaliser notre projet, il fallait comprendre les résultats et les interpréter

Calcul du module d'Young

L'expérience consistait à étudier le module d'Young E grâce aux oscillations, en effet les oscillations nous permettent d'avoir de façon plus rapide cette valeur au moyen de plusieurs formules mathématiques :

D'après la loi d'Hooke $\sigma = E \cdot \varepsilon$

(Ces symboles sont les mêmes que précédemment)

D'où $F/S = E \cdot \Delta l / l_0$

$F = E \cdot S \cdot \Delta l / l_0$

Or, $F = k \cdot \Delta l$

où k est la raideur

Donc $k = E \cdot S / l_0$

Et par définition $T = 2\pi\sqrt{m/k}$

Où :- T est la période des oscillations (s)

- m est la masse appliquée (kg)

Puisque T peut être mesurée, que m est connue, on peut en déduire k .

Avec cette valeur on peut facilement trouver E à partir de l'expression $k = E \cdot S / l_0$ (S et l_0 sont évidemment connus)

Dispositif expérimental:

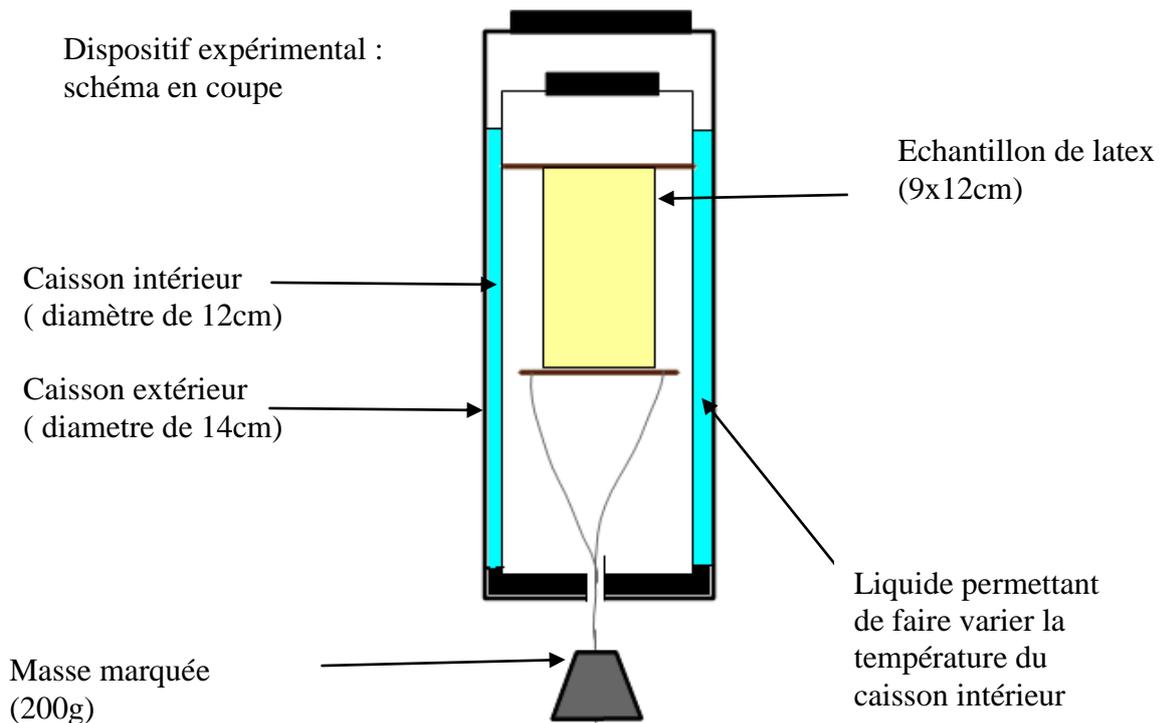


Fig.10

Avec ce dispositif (Fig.10), nous avons la capacité de faire varier la température et de la mesurer à chaque instant grâce au capteur LM35CZ qui a l'avantage d'être de petite taille, introduit dans le caisson intérieur à proximité du latex. Le capteur LM35CZ délivre une tension, mesurée par un voltmètre, cependant la tension lue n'est pas à confondre avec la température ! 10mV correspondent à environ 1°C (à $\pm 0,5^\circ\text{C}$ lorsque la température à mesurer est supérieure à 25°C). Cette variation de température varie grâce à l'introduction de liquides à diverses températures : pour avoir une température à froid, nous utilisons une solution d'Antigel dilué à 50% (son point de fusion est estimé à -20°C , cependant la température du caisson intérieur ne va approcher « que » les 0°C), pour une expérience à température ambiante, aucun liquide n'est versé dans le volume vacant, et enfin pour mesurer des températures à chaud, nous introduisons dans le dispositif de l'eau très chaude (environ 50°C : la température du caisson intérieur atteint les 40°C).

Ce dispositif est constitué de deux caissons imbriqués l'un dans l'autre. Puisqu'ils n'ont pas le même diamètre, un volume est laissé vacant. C'est dans celui-ci que se trouvera le liquide permettant de faire varier la température du cylindre intérieur (le pvc est un bon conducteur thermique) dans lequel se trouve un échantillon de latex accroché grâce à une barre métallique. A l'aide d'une autre on y suspend une masse qui exerce une force uniforme sur toute la largeur de l'échantillon.

Afin de déterminer le module d'Young nous générons des oscillations. Grâce à une acquisition vidéo, et un traitement d'images, nous obtenons la période de l'oscillation.

Résultats de l'expérience:

Après avoir traité les données et avoir modélisé la courbe des oscillations, nous obtenons une courbe sinusoïdale amortie :

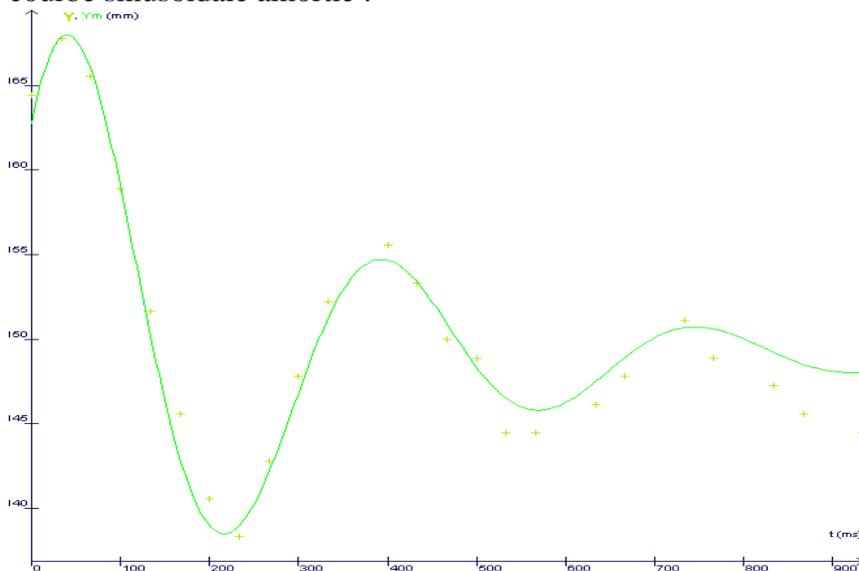
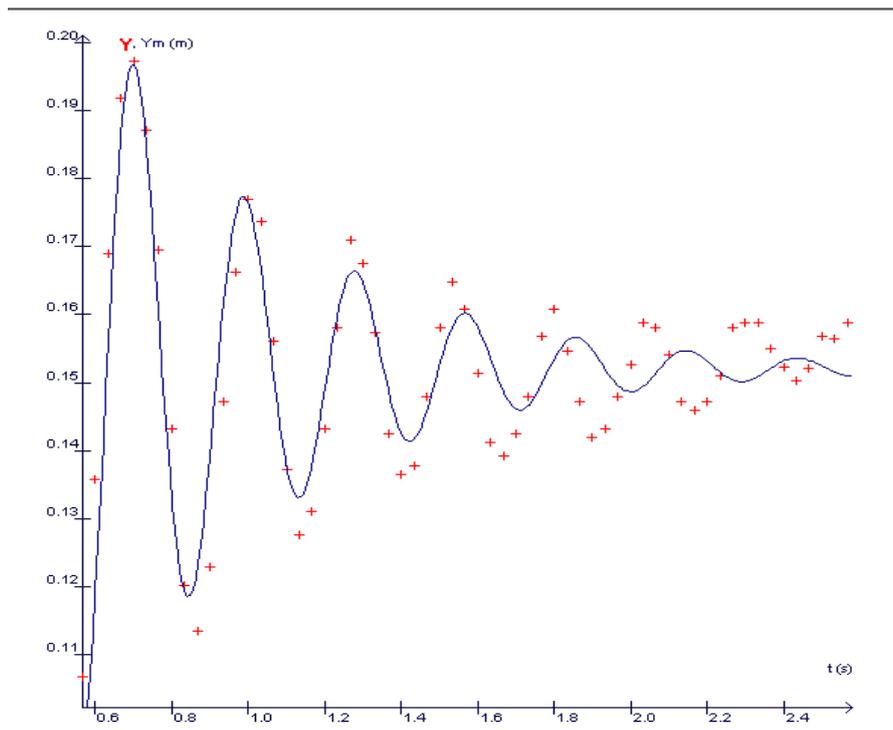


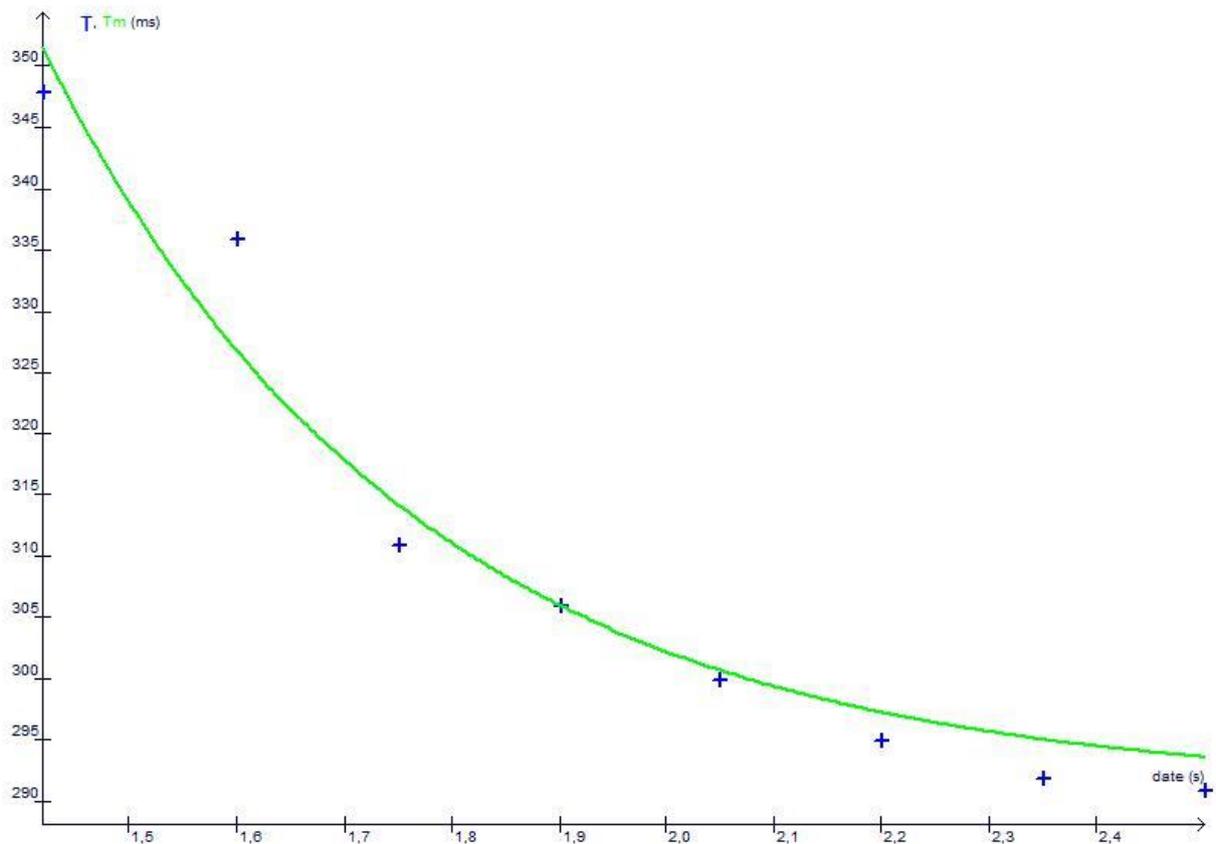
Fig 11

Seules les valeurs en abscisse nous intéressent puisque nous ne prenons en compte et ne voulons mesurer que la période.

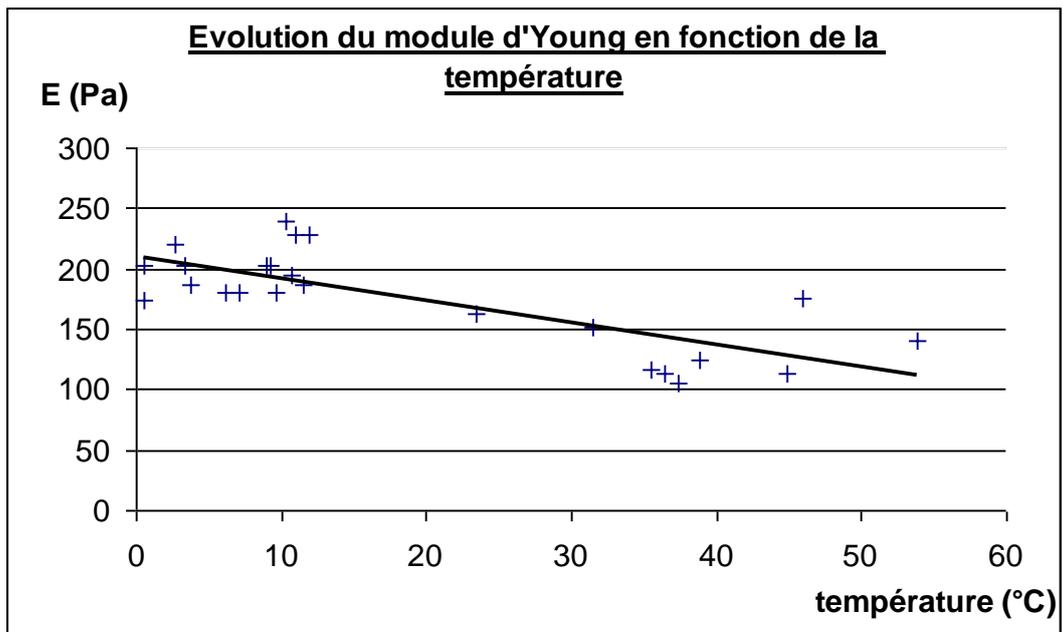
Nous constatons que nous n'avons pas beaucoup d'oscillations donc de périodes. Nous avons alors essayé de limiter les frottements : voici la ce que nous obtenons à 31°C



Nous constatons également que le modèle (sinusoïde amortie) ne correspond plus à notre expérience. En effet, la période varie au cours du temps. Celle-ci diminue pour des raisons qui restent inexpliquées mais correspondant à des phénomènes non linéaires.



Nous pouvons tout de même observer grâce aux modélisations que la période varie selon la température du milieu : lorsque la température augmente, la période des oscillations croît.



Après avoir fait plusieurs mesures, on a réussi à en déduire une courbe de tendance qui est décroissante. Cela signifie que le module d'Young décroît lorsque la température augmente donc Le latex est plus « élastique » lorsque la température augmente.

III/ Travaux et inventions d'aujourd'hui

Nous nous sommes aperçues lors de nos recherches que beaucoup de méthodes existent dans le but de mesurer l'élasticité/module d'Young, et beaucoup d'autres font un objet de recherche. Il existe deux types de mesures : les mesures faites par méthodes statique, et les mesures faites par méthodes dynamiques. Ces deux méthodes mesurent la même grandeur : le module d'élasticité d'un matériau. Théoriquement, Le module statique et le module dynamique de l'élasticité d'un matériau ne sont pas absolument identiques, mais expérimentalement ils peuvent être considérés comme assimilables.

La méthode statique consiste donc à mesurer comme nous l'avons fait pour étudier le module d'Young. L'expérience consistait à mesurer la déformation du matériau en étudiant la variation de l'allongement relatif en fonction des différentes forces exercées sur ce même matériau. En effet l'allongement relatif est proportionnel au module d'Young d'après la loi de Hooke. Cependant pour certains matériaux (doués d'une certaine plasticité) l'application de cette méthode s'avère difficile puisque la variation de l'allongement dépend de l'instant où la mesure est effectuée (un écoulement plastique a lieu, donc plus la durée entre l'application de la force et la mesure est grande, plus l'allongement sera important.)

La méthode dynamique quant à elle consiste à mesurer la vitesse d'une vibration (de faible amplitude) de la matière, créée mécaniquement. L'avantage de la méthode dynamique est qu'elle donne des valeurs parfaitement définies du module, et à peu près instantanément (il faut traiter les données mesurées pour trouver l'élasticité), alors que la méthode statique donne des valeurs qui sont en fonction du temps et de la tension. Aussi, c'est parce que la matière est soumise à des efforts brusques que le module dynamique représente mieux son comportement réel que le module statique. Dans cette partie nous vous exposerons deux méthodes différentes : l'élastographie ainsi que la sonoélasticité.

L'élastographie, méthode statique généralement utilisée dans le domaine médical, repose sur les propriétés ultrasonores ainsi que sur la propriété diffusante du matériau étudié. On applique une compression statique au matériau. Le déplacement généré est alors estimé entre la position de repos et la position sous contrainte, la déformation qu'on en déduit peut alors nous permettre de calculer le module d'Young par l'intermédiaire de la loi de Hooke. L'élastographie statique n'est cependant pas pratique à utiliser, c'est pour cela que toujours dans le domaine médical il y eut l'apparition de la sonoélasticité, méthode dynamique.

La sonoélasticité, quant à elle repose sur l'étude des vibrations internes de basses fréquences comprises entre 10 et 500 Hz, une sonde émettrice/réceptrice va depuis la surface générer des mouvements sinusoïdaux de basse fréquence, et mesurer les déplacements causés par ces vibrations internes grâce aux propriétés de l'effet Doppler. L'effet Doppler est notamment utilisé dans le cadre de l'échographie mode B (aussi appelée échographie doppler, utilisée pour visualiser un mouvement) les ondes se répercutent sur des matériaux, et lorsque ceux-ci sont en mouvement, l'onde initiale n'est pas la même que celle renvoyée. Cet écart entre les fréquences d'arrivée et de départ est donc interprété par l'ordinateur en une vitesse. Comme pour l'élastographie, le module d'Young sera relié au déplacement des mouvements de tissus. La sonoélasticité couple à la fois les vibrations mécaniques et le système d'imagerie ultrasonore Doppler.

Conclusion :

La peau est une structure complexe qui n'a jamais été parfaitement modélisée, cependant nos expériences nous ont montré que le latex modélisait bien les propriétés élastiques de la peau même si celui-ci n'est pas un matériau multicouche. Aussi, nous avons mis en évidence la relation existant entre température et élasticité : lorsque la température augmente la période mesurée augmente, ce qui veut dire que le module d'Young diminue et réciproquement.

Nous pouvons donc conclure que lorsque l'élasticité du latex (c'est-à-dire de la peau) diminue, l'allongement relatif du matériau va lui aussi diminuer, la rupture va donc être atteinte plus rapidement. Et la peau sera pendant l'hiver plus tendance à se craqueler.

Mais tout cela reste à nuancer car il ne faut pas oublier qu'il existe d'autres paramètres dans l'environnement tels que l'hygrométrie que nous n'avons pas eu le temps d'exploiter.

N'oubliez pas de tout de même, bien vous couvrir !

Remerciements :

Nous tenons à remercier :

Nos professeurs : M. Larose et M. Lespinasse

Les agents de Laboratoire

L'entreprise Jacquard et fils

Les laboratoires Pierre Fabre

M. Géloën

M. Delalleau

Mme Pujol

Ainsi que toutes les autres personnes nous ayant aidées et soutenues dans notre projet !

