



Crêpes tournantes

Olympiades de Physique 2019 Lycée Edouard Branly Boulogne sur-mer

Elèves :

Louis VADET
Mathéo LEROY
Lucas LEMIRE
Thomas WALLON

Professeurs encadrants :

Olivier BURIDANT
Didier SORET

Résumé :

Lors de notre séjour à Naples en voyage géologique nous avons remarqué un comportement particulier lors de la rotation de pâte à pizza. Nous avons décidé de nous intéresser à la rotation de crêpes.

Pour modéliser le comportement d'une crêpe tournante, nous avons choisi de la modéliser par une membrane souple en polymère car nous pouvons facilement en gérer l'épaisseur, le diamètre, la dureté.

Pour une modélisation théorique nous nous sommes intéressés au comportement d'un morceau élémentaire de membrane constitué par une bille puis N billes.

Ce projet est une confrontation entre résultats théoriques et expérimentaux.

Ceux-ci nous ont amené à nous intéresser à de nombreux phénomènes comme les ondes stationnaires.

Table des matières

Introduction :	4
I - Billes	5
Faire tourner une bille	5
a) Découverte du pendule conique	5
b) Réalisation et difficultés à faire tourner la bille	6
2) Faire tourner N billes	7
a) Faire tourner deux masses sur un même fil	7
b) Faire tourner deux masses à la manière de deux pendule coniques successifs	8
c) Faire tourner n masses à la manière de n pendules coniques successifs : simulation	8
II - Membranes	11
1) Fabrication membrane	11
A) Le mélange base/durcisseur	12
B) Masse volumique / Volume	12
2) Caractéristiques des membranes	13
3) Faire tourner les Membranes	15
A) Un dispositif adapté	15
B) Contrôle et mesure de la vitesse de rotation	16
C) Observation	16
III- ondes stationnaires	16
1) Expérimentation avec une corde	16
2) Définition d'une onde stationnaire	17
3) Cas des membranes	18
Conclusion :	20
Remerciements :	20

Introduction :

L'année dernière, pendant un voyage scolaire organisé par le lycée en Italie. Nous nous sommes arrêtés dans une pizzeria à Naples, c'est là que nous avons vu un Pizzaiolo, très doué, qui faisait habilement tourner une pâte à Pizza du bout de ses doigts.

Etant tous les quatre très curieux, nous nous sommes posés de nombreuses questions sur les ondulations qui se formaient sur la pâte pendant qu'elle tournait.

En effet celle-ci se déformait quand ce cuisinier la faisait tourner assez rapidement.

Une fois rentrés de ce séjour, nous avons questionné notre professeur de physique qui, au premier abord, n'avait aucune réponse précise à nous fournir. C'est pourquoi nous nous sommes alors lancés dans ce projet pour essayer comprendre au mieux comment ce phénomène se formait et pour quelles raisons.

Nous avons choisi de représenter notre pâte par une membrane et nous avons étudié les mouvements de cette membrane en la décomposant dans un premier temps en une multitude de pendules.

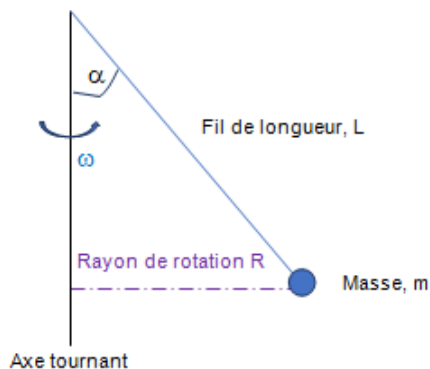
I - Billes

Faire tourner une bille

a) Découverte du pendule conique

Nous avons commencé par étudier expérimentalement le mouvement de notre pendule, pour se faire nous nous sommes intéressés au comportement d'une masse accrochée à une tige tournante à la vitesse angulaire ω .

Le modèle de notre dispositif est représenté par le schéma ci-dessous.



Système = {masse, m}

Repère : un repère orthonormé (O, \vec{i}, \vec{j}) , Oj soit dans l'axe

Force en présence

\vec{P} le poids de la masse : vertical, vers le bas de norme $P = mg$

\vec{T} la tension du fil, oblique vers le haut de norme T

D'après la seconde loi de Newton

$$\sum \vec{F}_{ext} = m \vec{a}$$

$m \vec{a}$, le produit de la masse par l'accélération centripète, radiale de norme $m.a = m \frac{v^2}{R} = m (\omega^2 R) = mL \sin(\alpha) \omega^2$

$$\text{Il semble évident que } \tan(\alpha) = \frac{m a}{P} = \frac{m L \sin(\alpha) \omega^2}{mg} = \frac{L \sin(\alpha) \omega^2}{g}$$

$$\frac{\sin(\alpha)}{\cos(\alpha)} = \frac{L \sin(\alpha) \omega^2}{g}$$

$$\frac{1}{\cos(\alpha)} = \frac{L \omega^2}{g}$$

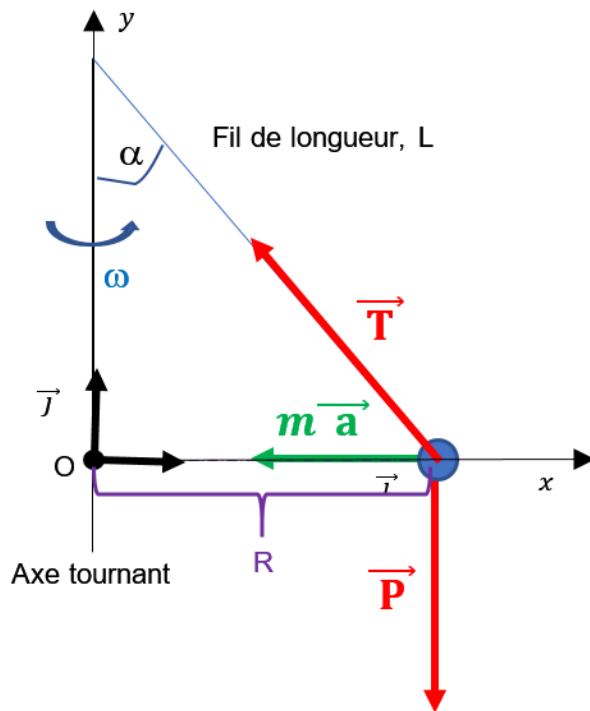
$$\cos(\alpha) = \frac{g}{L \omega^2}$$

$$\alpha = \arccos\left(\frac{g}{L \omega^2}\right)$$

L'angle dépend de la longueur à vitesse de rotation identique

Un cosinus doit être inférieur ou égal à 1. Il existe donc une vitesse de décolllement, ω_0 , telle que

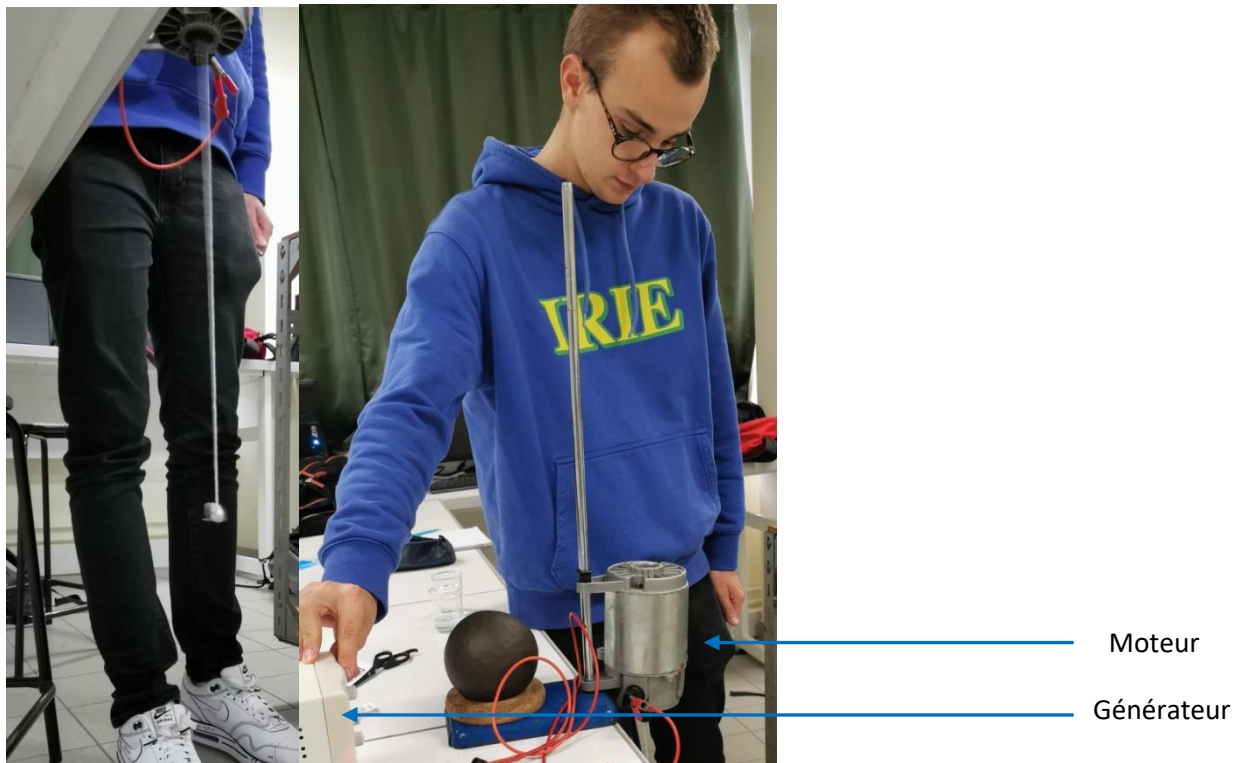
$$\frac{g}{L \omega_0^2} \leq 1 \Leftrightarrow \omega_0 = \sqrt{\frac{g}{L}}$$



b) Réalisation et difficultés à faire tourner la bille

Pour simuler notre pendule, nous avons décidé de faire tourner des billes au bout d'une ficelle. Des plombs de pêches ont remplacé les billes et un file nylon de pêche la ficelle.

Nous avons créé un nouveau dispositif : le fil de la bille est fixé sur l'axe du moteur. Cherchant un dispositif, le plus adapté possible, nous avons décidé d'aller de questionner des personnes compétentes. Nous nous sommes rendus à Leroy Merlin (à St Martin Boulogne) là-bas nous avons expliqué notre situation à des spécialistes du bricolage, pour qu'ils nous conseillent le moteur le plus adapté. Ils nous ont montré un moteur assez compact, mais d'une taille bien plus importante que ce que nous utilisions précédemment. Une fois rentré au lycée nous sommes allés voir les professeurs de science de l'ingénieur pour leur parler du moteur désiré, ils nous ont fourni un moteur qui répondait à nos attentes. Nous avons fixé notre moteur à une potence que nous avons surélevé. A ce moteur nous avons fixé un générateur pouvant produire un voltage que nous pouvions définir dans un intervalle allant de 0 volt à 35 volts. Ce générateur nous a donc permis de faire tourner notre bille à des vitesses très faibles et surtout que nous pouvions modifier assez facilement. Nous avons donc relié notre générateur à notre moteur auquel nous avons attaché notre plomb de pêche au bout de la ficelle, le tout surélevé pour bien voir le gain en altitude de la bille à mesure que le temps passe. Ce faisant nous pensons avoir créé un dispositif stable et fiable.



2) Faire tourner N billes

En réalité, nous avons associé notre membrane à n pendules coniques côte à côte. Nous avons alors effectué deux expériences fondamentales :

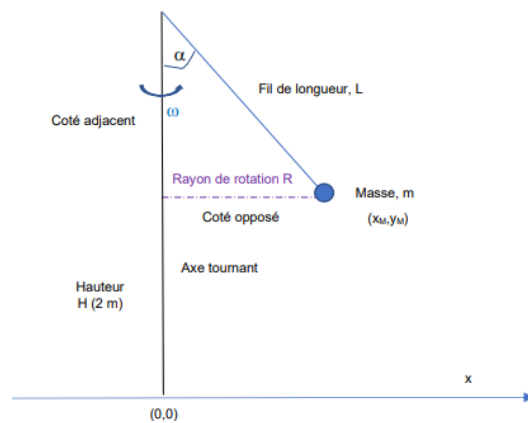
a) Faire tourner deux masses sur un même fil

Dans le cas des pendules coniques, la masse se situe uniquement au bout du fil. Il fallut donc étudier plusieurs masses sur un fil. Nous avons alors tenté l'expérience avec deux plombs sur un fil. Nous observons alors un mouvement qui semble s'assimiler à un mouvement chaotique, qui est associé ici à un mouvement circulaire. Plus la vitesse augmente, plus le mouvement est répétitif avec une fréquence qui augmente. Un mouvement chaotique est un mouvement très sensible aux conditions initiales, c'est-à-dire que le mouvement est imprévisible. Au bout de quelque temps et en conservant une vitesse constante, nous observons une stabilité du mouvement. Et ce résultat est reproductible. Seul le mouvement antérieur au mouvement stable diffère d'un essai à l'autre.

b) Faire tourner deux masses à la manière de deux pendule coniques successifs

Nous avons attaché à deux extrémités d'un fil de pêche, un plomb. Ensuite, grâce à notre moteur, nous avons accroché au moteur, la partie du fil de telle façon à ce que les plombs soient à équidistance du point d'attache. Puis nous avons fait tourner. Lors de l'expérimentation, nous avons remarqué une concordance avec la théorie ; les deux plombs se retrouvent bien à la même hauteur lorsque nous les faisons tourner.

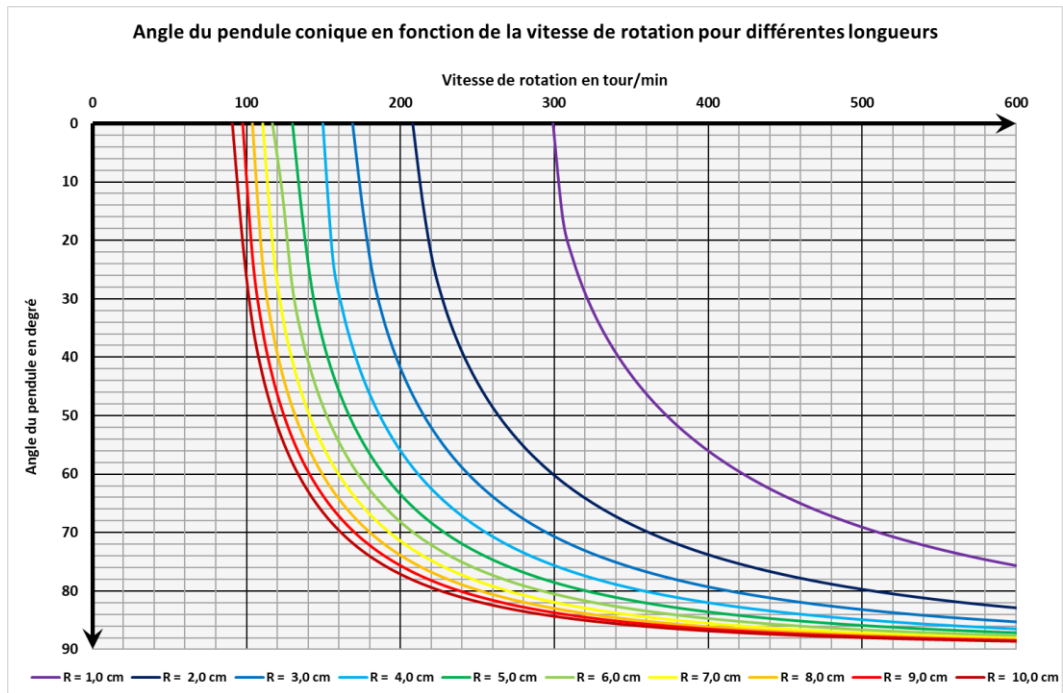
Assez facilement on montre que $x_M = L \sin(\alpha)$ et $Y_M = H - L \cos(\alpha)$ On pose $H = 1 \text{ m}$



On pose $\omega = 10 \text{ rad/s}$ et $H = 1,000 \text{ m}$					
L	0,500	1,000	1,250	1,750	2,000
$\cos(\alpha) = g / L\omega^2$	0,19620	0,09810	0,04905	0,07848	0,05606
$Y_M = H - L\cos(\alpha)$	0,9019	0,9019	0,9019	0,9019	0,9019
$\sin(\alpha) = \sqrt{1 - \cos^2(\alpha)}$	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99
$X_M = L\sin(\alpha)$	0,49	0,99	1,998	1,238	1,748
Conclusion : à une vitesse constante, peu importe la longueur du fil, on retrouve pour ces valeurs une même hauteur pour toutes les billes.					

c) Faire tourner n masses à la manière de n pendules coniques successifs : simulation

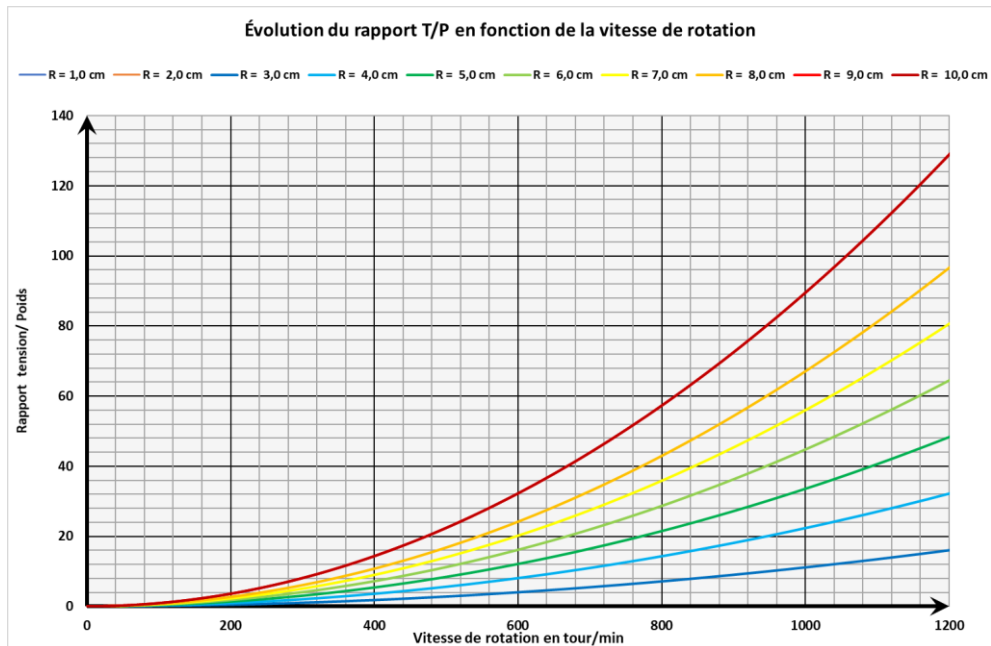
Nous avons commencé par étudier l'évolution de l'angle α en fonction de la vitesse de rotation pour différentes longueurs de fil grâce à la formule : $\alpha = \arccos\left(\frac{g}{L\omega^2}\right)$



Observons le graphique : plus la longueur du fil augmente, plus la valeur de l'angle grandit rapidement. En conséquence, plus le fil est court, plus la vitesse de rotation doit être élevée.

D'après la construction on peut dire que $T = \frac{P}{\cos(\alpha)} = \frac{mg}{\cos(\alpha)} = \frac{mg}{\frac{g}{L\omega^2}} = mL\omega^2$ $T = mL\omega^2$

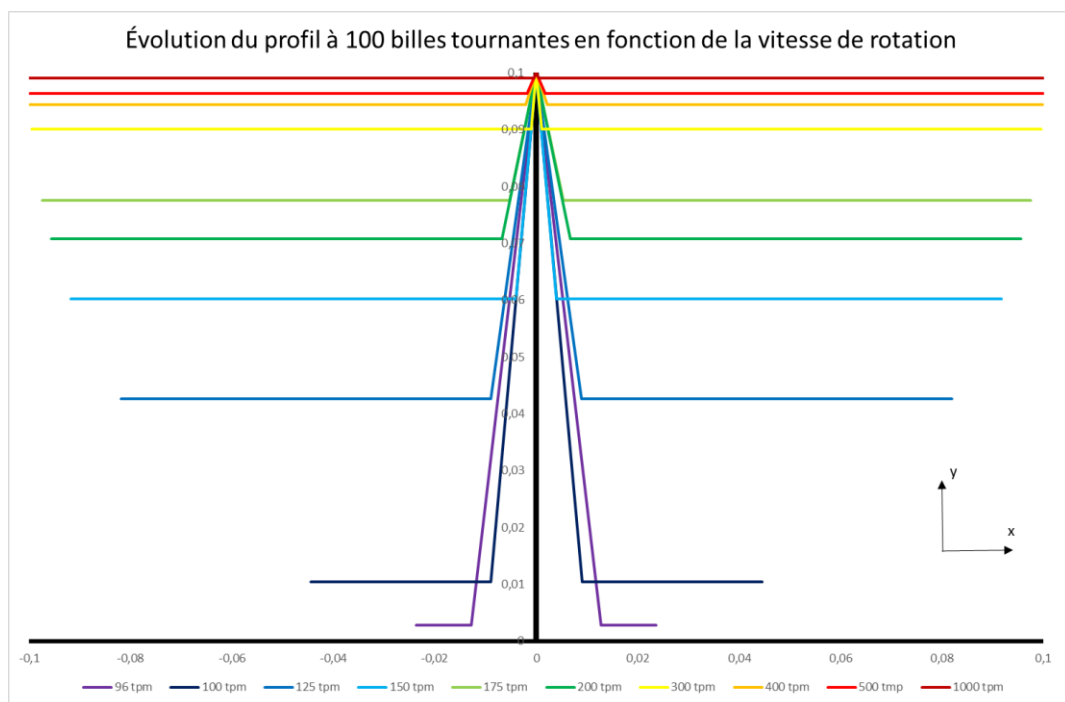
Il est intéressant de noter que $\frac{1}{\cos(\alpha)} = \frac{L\omega^2}{g} = \frac{T}{P}$ ce nombre sans dimension représente « le nombre de fois que la tension équivaut en poids ». On peut étudier l'évolution du rapport $\frac{T}{P}$ en fonction de la vitesse de rotation.



Cette succession de paraboles, nous permet d'indiquer que plus la vitesse est élevée, plus le rapport tension/ poids augmente rapidement. Cela signifie que les forces sont d'autant plus importantes sur le fil, que la vitesse est grande. Plus le fil est grand, plus cette force sera élevée. On peut donc ainsi comprendre que les forces sont d'autant plus importantes que la masse est éloignée de l'axe de rotation.

Simulation du profil avec n billes :

Nous avons choisi de regarder quelle serait l'allure du profil avec 100 pendules coniques de 1 mm à 100 mm avec une résolution de 1 mm



Nous pouvons remarquer qu'à un instant t , à différentes vitesses, les billes finissent toujours par s'élever à une même hauteur. De plus, notons que ce phénomène n'a lieu qu'au millimètre près. C'est-à-dire qu'elles ne s'élèvent qu'en un seul endroit.

En assimilant notre membrane à n pendules coniques, nous avons pu constater qu'une masse qui tourne s'élève, que n masses s'élèvent à la même hauteur.

On peut alors se demander ce qui est à l'origine des ondulations de notre membrane. Il nous a donc fallu nous intéresser aux caractéristiques d'une membrane dans l'espoir d'une réponse.

II - Membranes

1) Fabrication membrane

Pour réaliser nos observations, nous avons eu besoin de trouver un moyen de produire des membranes ayant des caractéristiques physiques semblable à celle de la pâte à pizza que ces membranes doivent simuler.

Il nous fallait donc un moyen d'en fabriquer assez facilement et surtout d'en fabriquer en pouvant imposer nos propres caractéristiques tel que la dimension (diamètre, épaisseur) ainsi que l'élasticité de ces membranes.

Pour cela nous avons fait le choix de contacter l'ENS (école normale supérieur) de Paris pour obtenir des informations sur une matière à utiliser. Nous leur avons donc envoyé un mail dans lequel nous demandions une solution pour produire nos membranes.

En attendant d'avoir une réponse, nous avons commencé à tester des membranes faites en papier, ou avec des disques en plastiques (servant en sport).

Ces premières membranes nous ont permis d'observer ces ondulations pendant leurs rotations mais elles ne pouvaient pas être utilisées pour nos expériences car nous ne pouvions pas en modifier les caractéristiques.

Cependant, après quelques temps nous avons reçu une réponse d'un enseignant/chercheur de l'ENS qui nous a parlé d'une pâte aux propriétés très intéressantes. Il nous a conseillé d'utiliser des polyéthers (un polyéther est un polymère dont le squelette macromoléculaire contient des motifs de répétition contenant le groupe éther) pour réaliser nos membranes. Il s'agit d'une pâte facilement malléable qui se fabrique en mélangeant deux parties : un durcisseur et une base. Ces deux pâtes sont séparément malléables mais lorsqu'on les mélange, elles durcissent rapidement ; de plus pour modifier l'élasticité de notre pâte il suffit simplement de changer les proportions de durcisseur. Le chercheur nous a expliqué que cette pâte est utilisée dans la dentisterie pour réaliser des moules de dents et nous a indiqué donc comment nous en procurer. Nous avons donc pu acquérir et commencer nos expérimentations dessus (nous avons utilisé une pâte de la marque COLTENE du nom de Président-The-Original). C'est à partir de cette pâte que nous avons créé toutes nos membranes.

A) Le mélange base/durcisseur

Nous avons donc trouvé la pâte parfaite pour réaliser nos expériences, il fallait donc maintenant mélanger dans des proportions précises la base avec le durcisseur. Ce mélange nous permet de manipuler et de former la pâte en membrane pendant la période où elle est encore malléable puis de la laisser durcir grâce au principe de polymérisation.

La polymérisation désigne la réaction chimique ou le procédé par lesquels des petites molécules réagissent entre elles pour former des molécules de masses molaires plus élevées.

B) Masse volumique / Volume

Pour déterminer le volume précis des membranes à partir de leurs masses, nous avons dû déterminer la masse volumique des membranes. Nous allons donc déterminer la masse volumique des membranes en fonction de leur proportion de durcisseur, nous avons détaillé ci-dessous l'expérience réalisée avec 10% de durcisseur. Puis nous répéterons l'expérience avec des membranes ayant 5% et 8% de durcisseur.

Pour cela nous avons réalisé une expérience à l'aide d'un pycnomètre et d'une balance de précision. Nous avons d'abord pesé le pycnomètre vide (remplie d'air), sa masse est de 21,3080 g. Ensuite nous allons remplir le pycnomètre d'un liquide dont on connaît la masse volumique, ici nous avons utilisés de l'eau distillée dont la masse volumique est de 1 g.cm^{-3} , on a laissé le pycnomètre sécher après l'avoir remplie pendant plusieurs heure avant de le peser pour augmenter la précision du résultat, sa masse est de 81,9732 g. On peut donc en déduire que le volume du pycnomètre est de $81,9732 \text{ cm}^3$. On va ensuite prendre des morceaux de membranes et les peser, on obtient une masse de 16,6800 g. Puis nous avons pesé le pycnomètre dans lequel nous avons déposé les morceaux de membranes avant de le remplir d'eau distillée, sa masse est de 87,8532 g. A partir de toutes ces observations (voir tableau) nous allons maintenant pouvoir en déduire la masse volumique de la membrane.

$m_{\text{membranes}}$	m_{liquide}	$V_{\text{pycnomètre}}$	liquide
16,6800 g	$87,8532 - 21,3080 - 16,6880$ $= 49,8652 \text{ g}$	$81,9732 - 21,3080 = 60,6652 \text{ cm}^3$	$1,000 \text{ g.cm}^{-3}$

Nous allons utiliser ces mesures dans cette relation :

$$\rho_{\text{membranes } 10} = \frac{m_{\text{membranes}}}{V_{\text{pycnomètre}} - \frac{m_{\text{liquide}}}{\rho_{\text{liquide}}}}$$

$$\rho_{\text{membranes } 10} = \frac{16.6800}{60.6652 - \frac{49.8652}{1}} \quad |$$

$$\rho_{\text{membranes } 10} = \frac{139}{90} \approx 1,544 \text{ g.cm}^{-3}$$

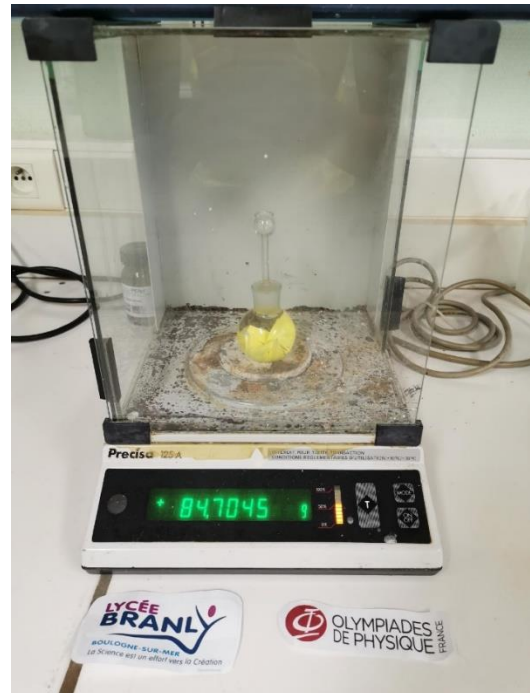
La masse volumique de nos membranes à 10% de durcisseur est donc de $1,544 \text{ g.cm}^{-3}$.

Nous avons réalisé la même expérience plusieurs fois pour vérifier que cette valeur.

Nous avons ensuite trouvé la masse volumique de la membrane avec 8% de durcisseur, sa masse volumique est d'environ $1,544 \text{ g.cm}^{-3}$.

Et enfin nous avons testé avec des membranes de 5% de durcisseur, sa masse volumique est également d'environ $1,544 \text{ g.cm}^{-3}$.

Nous pouvons donc conclure que la masse volumique est indépendante de la proportion de durcisseur dans la membrane, cela peut s'expliquer par la composition chimique du durcisseur qui doit se rapprocher de celle de la base. On peut donc en déduire que toutes nos membranes ont une masse volumique d'environ $1,544 \text{ g.cm}^{-3}$.



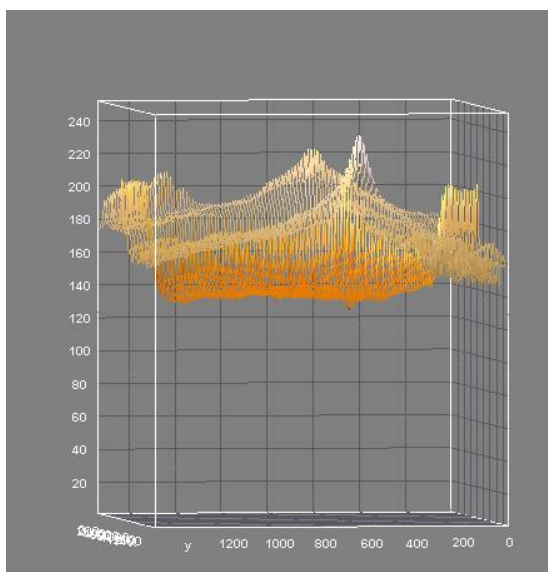
2) Caractéristiques des membranes

Pour étudier les variations de nos membranes et leur formation on a essayé de faire changer leur caractéristique, à savoir :

1. Le pourcentage de durcisseur : pour cela il a suffi de changer les proportions de base et de durcisseur de notre mélange
2. Le diamètre : il nous suffisait de choisir un rayon précis lors de la découpe de notre membrane
3. L'épaisseur : pour cette étape, nous sommes allés demander conseil à des professeurs du lycée qui enseignent des matières techniques, ceux-ci nous ont conseillés d'utiliser une presse hydraulique et c'est ce que nous avons fait. Il nous a donc fallu utiliser des petites cales de hauteur souhaitée pour modifier l'épaisseur de notre membrane. Ainsi la presse venait aplatir notre pâte avec la plus grande précision



Photographie de la presse hydraulique de notre lycée que nous avons utilisé pour faire nos différentes membranes



Pour vérifier que notre membrane possède une épaisseur uniforme, nous utilisons le logiciel de traitement et d'analyse d'images SalsaJ qui nous permet de visualiser l'allure de notre membrane.

L'image ci-contre montre que notre membrane (la partie en orange foncé) possède une épaisseur quasi uniforme



Cette photographie montre le test d'élasticité. Il faut dans un premier temps faire un morceau de membrane en longueur, l'accrocher entre les deux pinces du dispositif. Ensuite nous traçons un trait sur la lamelle et nous accrochons des poids sur la pince inférieure, il suffit alors de regarder où se situe le repère par rapport à la règle à côté pour voir la déformation

	Diamètre (en cm)	Epaisseur (en mm)	% de durcisseur
Membrane 1	8	0.4	3
Membrane 2	8	0.4	5
Membrane 3	8	0.4	8
Membrane 4	8	1	3
Membrane 5	8	1	5
Membrane 6	8	1	8
Membrane 7	12	0.4	3
Membrane 8	12	0.4	5
Membrane 9	12	0.4	8
Membrane 10	12	1	2
Membrane 11	12	1	5
Membrane 12	12	1	8

Nous avons alors créé quelques membranes avec des caractéristiques pour pouvoir ensuite étudier leurs comportements et l'influence de chacun des facteurs

3) Faire tourner les Membranes

Cette étape fut sûrement la plus compliquée de toute. En effet il fallait réussir à faire tourner nos membranes à une vitesse suffisante et contrôlée.

Nous avons réalisé nos premières tentatives avec une perceuse électrique sur laquelle nous fixions nos membranes mais nous manquions cruellement de stabilité, cette option n'était donc pas envisageable.

Nous avons ensuite envisagé d'autres possibilités mais aucune ne répondait à nos attentes, par exemple en utilisant le moteur d'un disque dur démonté que nous voulions contrôler depuis un moteur Arduino mais ce dispositif n'a pas été fini pour cause de nombreux problèmes technique.

Nous avons finalement opté pour un agitateur magnétique. En effet celui-ci nous permettait une totale stabilité grâce aux aimants à l'intérieur ; nous pouvions également modifier la vitesse en tournant simplement le bouton.

A) Un dispositif adapté

Notre expérience résidait dans l'observation d'un phénomène en particulier qui demandait un dispositif stable et pouvant tourner à une vitesse souhaitée, Nous avons démonté un agitateur magnétique pour pouvoir placer directement, sur les 2 aimants, le socle pour nos membranes

Il a alors fallu trouver un moyen d'associer un socle munis d'une tige aux aimants de telle manière que la "tige" soit la plus verticale, stable et centrée possible. Obtenir une stabilité optimale était obligatoire afin d'éviter un déséquilibre et un mouvement de la membrane erroné. Nous avons donc opté pour un socle en bois percé, assez léger pour être supporté par notre agitateur, pour pouvoir y placer la tige sur laquelle nous fixions la membrane, puis nous avons collé une fine plaque de ferraille sur le dessous qui avait l'avantage d'être fortement

aimanté garantissant une bonne stabilité et qui ne déséquilibrent pas le dispositif. Il n'y avait donc plus qu'à placer ce socle sur les aimants de l'agitateur et nous pouvions faire tourner nos membranes. La difficulté était de réussir à parfaitement centrer le dispositif.

B) Contrôle et mesure de la vitesse de rotation

Notre dispositif basé sur un agitateur magnétique nous permet d'avoir un contrôle assez précis et facilement contrôlable car il est très aisé de le faire aller à une vitesse identique pour différentes expériences grâce à son curseur. Mais bien que ce dispositif nous permette de faire varier la vitesse facilement et à fréquence très faible, il ne nous indique pas pour autant la vitesse de rotation. Pour mesurer la vitesse de rotation (en tour/minute) nous avons utilisé un appareil fait pour cette tâche : un "compte-tour". Muni d'un embout en forme de cône, il a suffi de poser l'embout contre la partie tournante de l'agitateur pour que le compte tour nous indique la vitesse de rotation après l'avoir réglé sur la bonne sensibilité.



C) Observation

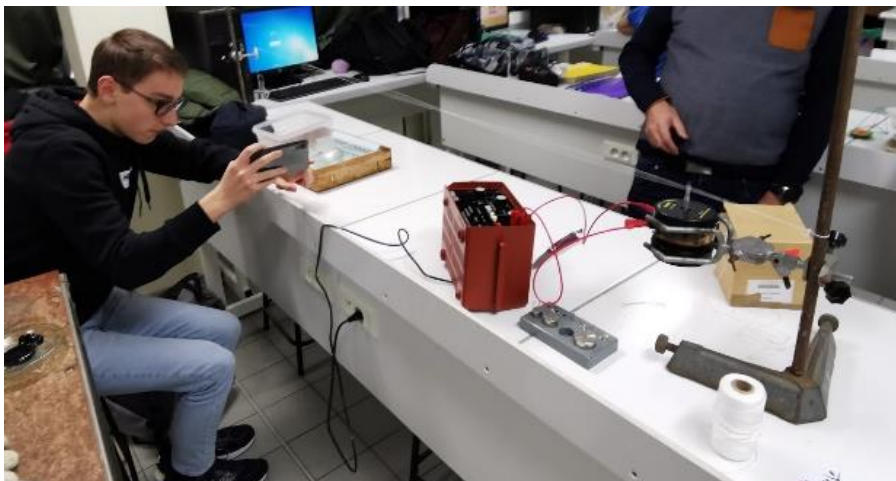
Une fois que nous étions en mesure de faire tourner nos membranes sur un dispositif adéquat, nous avons commencé à faire tourner différentes membranes en les éclairant avec un stroboscope, (= une source de lumière intermittente). Le résultat assez bluffant montre des membranes présentant des ondulations qui semblent immobiles. C'est ce que l'on appelle des ondes stationnaires. Cette observation est beaucoup plus visible et impressionnante en vidéo qu'en photo car la membrane bien que déformée apparaît totalement immobile. Le stroboscope était le meilleur outil pour étudier ce phénomène d'ondulation car il permet, en adaptant la fréquence de ses éclairs périodiques de voir tous les détails de ces ondes stationnaires qui ne sont pas visible en lumière normale

III- ondes stationnaires

1) Expérimentation avec une corde

On secoue une corde depuis l'un des bouts à un temps t_0 . Puis on observe alors la propagation de l'onde résultante. Il s'agit alors d'une OMPP. On peut donc noter qu'à un instant t_1 l'onde se reproduit identique à elle-même, identique à l'instant t_0 . Cette onde progressive peut être alors modélisée mathématiquement en fonction du temps et dans l'espace.

Une onde progressive qui se déplace à une célérité c dans le sens des x croissants peut être défini par :



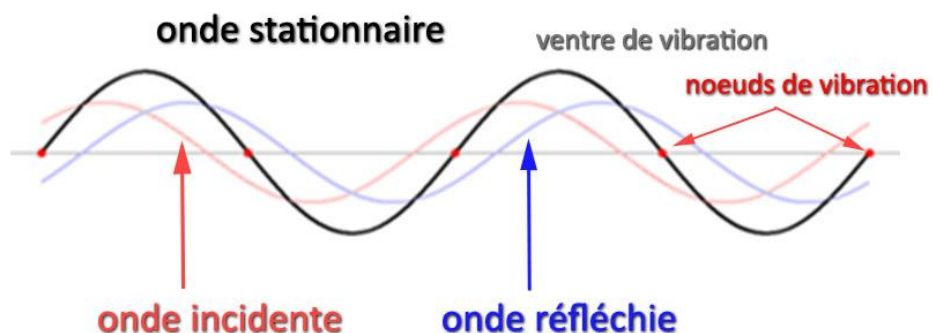
Que se passe-t-il alors si l'on secoue la corde depuis les deux bouts ?
On observe alors que la propagation des deux ondes se superposent de telle manière qu'on observe des zones immobiles et des zones oscillantes verticalement entre des maximums et des minimums.

2) Définition d'une onde stationnaire

Une onde stationnaire est le phénomène résultant de la propagation simultanée dans des sens opposés de plusieurs ondes de même fréquence et de même amplitude, dans le même milieu physique, qui forme une figure dont certains éléments sont fixes dans le temps.

Ces éléments fixes dans le temps sont appelés "nœuds". Ils correspondent à une interférence destructive c'est-à-dire que la somme des deux amplitudes des deux ondes au niveau d'un nœud vaut 0.

La zone entre deux ondes est alors appelée "ventre". Cette zone correspond alors soit un minima ou un maxima résultant de la somme des deux amplitudes des deux ondes dans le cas d'une interférence constructive.

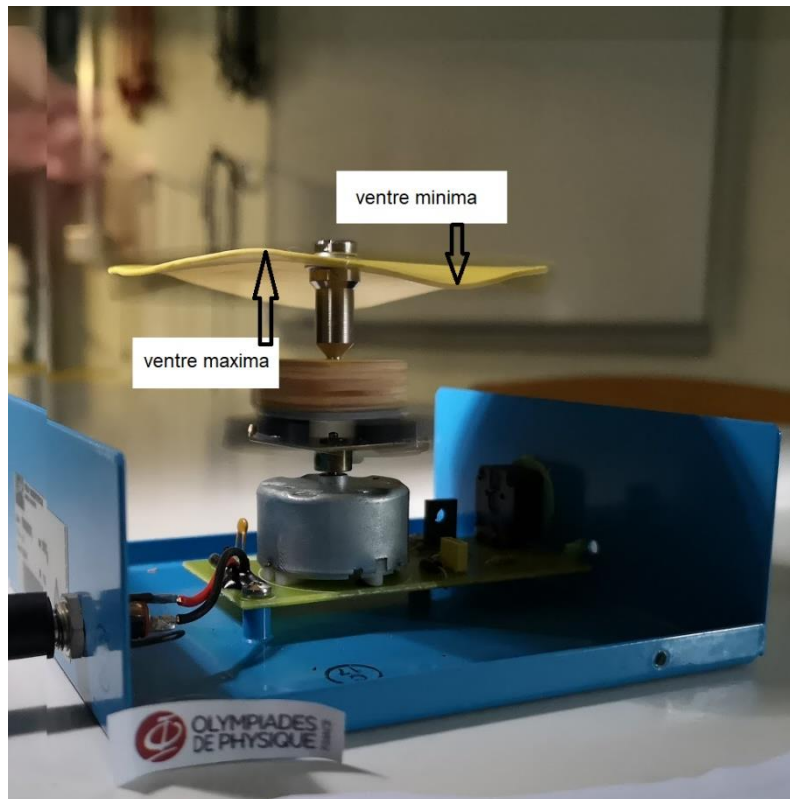


3) Cas des membranes

Un anneau correspond en réalité à une corde de longueur L reliée par les deux embouts. Or il semblerait que le phénomène que l'on observe se rapproche du cas des ondes stationnaires sur une corde. En effet, nous pouvons observer des ondulations qui à première vue ne correspondent pas des ondes stationnaires. Néanmoins il faut prendre en compte le fait que nous faisons tourner notre membrane. De ce fait il existerait des nœuds fixes, comme avec les ondes stationnaires, qui se déplacent de façon rotative. Ce qui signifie que l'on a toujours des interférences constructives ou destructives à un endroit donné sur la membrane.

Nous avons observé un comportement ondulatoire pour nos membranes. Or vu la vitesse de déplacement, nous n'étions pas censé voir l'onde. Donc ce qui nous permet de voir est le fait qu'on perçoit un comportement similaire à celui des ondes stationnaires.

Les ondulations visibles lors de la rotation d'une membrane auraient donc toutes les caractéristiques d'ondes stationnaires, possédant des "ventres" minima et des "ventres" maxima se formant sur toute la membrane.



Le défi était de déterminer dans quelles conditions le phénomène était observable et nous avons observés que plus la membrane était fine et souple moins la vitesse à laquelle se formait le phénomène était élevée. On peut aussi mettre cela en parallèle avec le diamètre de la membrane, en effet l'apparition des ondes ne réalise que quand celle-ci possède un certain diamètre, diamètre trop large pour une résistance trop faible et la membrane casse du fait d'un surplus de force exercé sur la membrane, et d'autre part si le diamètre était trop petit nous n'observions pas ou très peu le phénomène. Nous avons dû donc réaliser de nombreux essais pour déterminer les conditions optimales du phénomène et nous avons conclu que l'épaisseur devait être comprise entre 0.4 et 0.7 mm et le diamètre de la membrane entre 7

et 12 cm. Une autre caractéristique très importante était l'élasticité de notre membrane, ces proportions de résine / durcisseur on était vus dans caractéristiques des membranes, nous devions trouver des proportions alliant résistance et élasticité.

En effet, du fait de la vitesse et de l'élasticité de la membrane, il y a élévation d'une partie de cette membrane (vu avec la simulation de 100 billes tournantes). Cependant cela implique que les alentours proches de la partie élevée soient plus affectés par l'air. Il y a donc une première longueur d'onde. Par ailleurs les bords de la membrane continuent de s'élever répétant de nouveau le phénomène sur les autres parties de la membrane à l'infini.

Conclusion :

Nous nous sommes donc intéressés au comportement d'une membrane lors de sa rotation. Pour ce faire nous avons fait le choix de modéliser notre membrane par une succession de pendules dont nous avons étudié le comportement en fonction de la distance par rapport à l'axe de rotation et de la vitesse de rotation.

Ensuite nous avons voulu observer ce qu'il se passait lorsqu'on faisait tourner notre pâte, il nous a donc fallu dans un premier temps réussir à faire des membranes souples dont nous pouvions contrôler les paramètres mais aussi avoir un dispositif adapté pour contrôler la rotation de nos membranes. Nous avons donc utilisé un mélange de base et de durcisseur pour faire nos membranes et nous avons utilisé un agitateur magnétique que nous avons légèrement modifié pour les faire tourner.

Nous avons alors fait l'expérience en éclairant avec un stroboscope et nous avons observé des ondes stationnaires, nous avons alors cherché à comprendre ce phénomène et son origine.

Ce travail nous a permis de découvrir de nouvelles choses, en nous confrontant à de nombreuses difficultés nous avons dû développer notre travail de groupe et notre organisation.

Nous aurions cependant aimé avoir plus de temps libre pour pouvoir pousser nos recherches ; entre formation secouriste, activité sportive et voyage d'étude en Pologne et autres projets extra scolaires beaucoup de nos mercredis après-midi ou on se retrouvait pour travailler ont été supprimés. Nous avons donc pu étudier le comportement expérimental et théorique d'un pendule, nous avons réussi à faire des membranes et à les faire tourner, nous avons également vu que des ondes stationnaires se forment lors de leur rotation mais nous n'avons pas pu étudier chaque caractéristique et son influence sur ces ondes en détail.

Remerciements :

Notre professeur Monsieur Buridant qui nous a suivi durant nos nombreuses expériences.

Le personnel du lycée qui a été présents quand nous en avons besoin et plus précisément le personnel du laboratoire

Nos parents qui ont eu la générosité de répondre à nos questions et on était à l'écoute, ils ont également pris le temps de nous conduire hors temps scolaire et de nous relire.

Le personnel de l'atelier

Leroy Merlin pour les conseils en matière de moteur

Les professeurs des filières techniques pour leurs nombreux conseils et le temps qu'ils nous ont consacré