

# OLYMPIADES DE PHYSIQUE 2015

## « Peut-on illuminer le son ? »

Ropital Pauline

Douilly Margot

Schrevel Mathilde

# Sommaire

<u>I/ Introduction</u>	page 3
<u>II/ La crevette pistolet</u>	page 4/5
<u>III/ La lumière et les ondes sonores</u>	page 6
<u>1. Les ondes lumineuses</u>	page 6
<u>1.1. Présentations des ondes lumineuses</u>	page 6
<u>1.2 Propagation des ondes lumineuses</u>	page 7
<u>2. Les ondes sonores et ultrasonores</u>	page 7
<u>2.1 Présentation</u>	page 7/8
<u>2.2 Milieu de propagation et célérité</u>	page 9
<u>2.3 Caractérisations des sons</u>	page 9
<u>IV/ La cavitation</u>	page 10
<u>1. Cavitation de l'eau</u>	page 10
<u>1.1 États et changements d'états</u>	page 10
<u>1.2 Étude de l'ébullition et de la liquéfaction de l'eau</u>	page 11
<u>1.3 Cavitation de l'eau</u>	page 12
<u>2. Cavitation des gaz dissous</u>	page 13
<u>2.1. Solubilité des gaz dans l'eau</u>	page 13
<u>2.2. Mise en évidence expérimentale</u>	page 13
<u>2.3 Cavitation des gaz dissous</u>	page 14
<u>V/ La sonoluminescence</u>	page 14
<u>5.1. Définition</u>	page 15
<u>5.2. Les ondes stationnaires</u>	page 15
<u>2. Lien avec la crevette</u>	page 16
<u>VI./Conclusion.</u>	Page 17

## I/ Introduction

Durant la recherche de notre sujet de TPE, nous avons trouvé une photo d'une représentation de la sonoluminescence. Vivement intéressées, nous nous sommes renseignées davantage et avons découvert l'existence de la crevette pistolet qui est l'image même de la sonoluminescence dans le monde du vivant.

Comme expliqué précédemment, l'origine de notre thème est la crevette pistolet (Snapping Shrimp) appartenant à la famille des Alpheidae. Nous avons pu constater que dans le but de communiquer et de chasser, elle réalise grâce à ses pinces un claquement ultrasonore entraînant une dépression dans l'eau. Cette dépression crée un rayonnement lumineux : c'est la sonoluminescence.

Nous allons donc analyser, dans notre étude, ce phénomène et tenter de le réaliser en laboratoire.

## II/ La crevette pistolet

La crevette pistolet (*Alpheus Bellulus*) de la famille des alpheides vit dans les caraïbes et l'océan Atlantique ouest (Floride). Elle a donc besoin d'un environnement tropical. Parmi toutes les espèces de crevettes, les *Alpheus Bellulus* se reconnaissent aisément grâce à leur corps rouge, orange ou brun et leurs antennes rayées de bandes foncées rougeâtres. Leur taille varie entre 3 et 5 cm. Elles vivent en colonies qui peuvent s'élever à plus de 300 membres cohabitent souvent avec les goby qui sont de petits poissons. Les alpheides sont omnivores à tendance carnivore, ils se nourrissent essentiellement de chair de poisson, de chair de crevette rose ou encore de morceaux de moules.

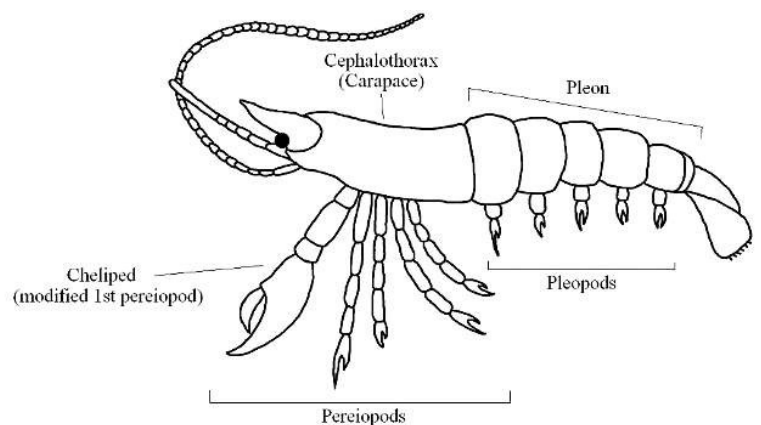


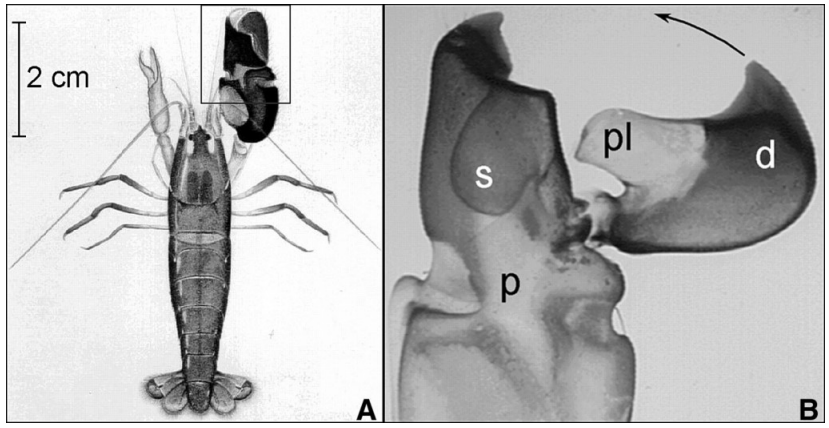
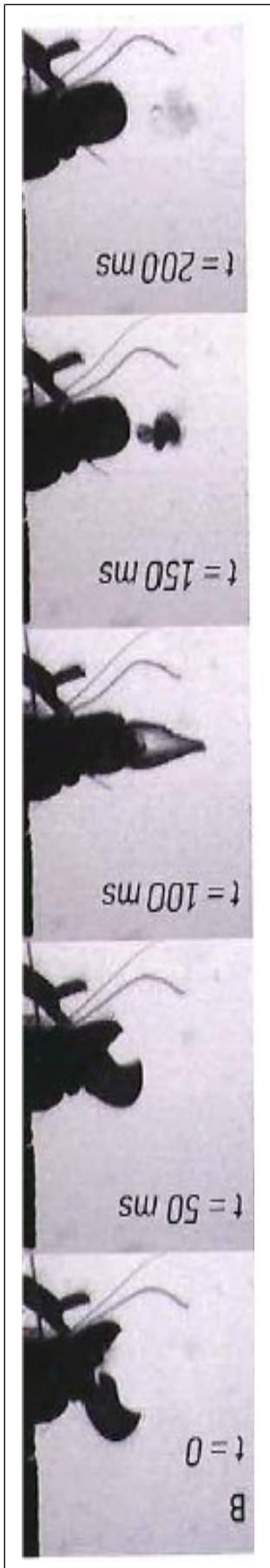
Seriez vous étonnés si je vous disais que ce petit animal des mers concurrençait le cachalot pour être l'animal le plus bruyant de l'océan ? En effet, la crevette crée -grâce à un processus que nous expliquerons plus tard- un claquement sonore qui s'élève jusqu'à 218 décibels (plus fort qu'un coup de feu pour vous donner une idée) contre 230 décibels pour le cachalot. Ce son qu'elles produisent entraîne des perturbations sur les sonars des sous marins et des bateaux, que d'actions pour une si petite bête ! La crevette pistolet est donc proportionnellement à sa taille l'animal le plus violent au niveau sonore.



Nous allons maintenant nous intéresser à l'anatomie de cette crevette. Il est notable qu'elle possède une pince démesurément grande ayant une forme particulière. Si la pince spéciale est arrachée, la seconde plus petite, se déforme et grossit jusqu'à devenir sa nouvelle arme tandis que le moignon va se développer pour redevenir une petite pince. C'est pourquoi la pince spéciale peut se trouver à droite ou à gauche selon les crevettes. C'est cette pince qui va lui permettre d'émettre un son si puissant.

La crevette pistolet fait donc rapidement claquer sa grosse pince qui produit une bulle grâce au phénomène de cavitation, qui s'effondre violemment sur elle même et donne naissance à l'émission d'un flash lumineux. Ce flash n'est pas réellement analysable car trop rapide. Il est non visible à l'œil nu et a une durée comprise entre au minimum 300 picosecondes (= 1 trillion d'une seconde) et au maximum 10 nanosecondes. Cela crée aussi un bref point chaud qui produit une énergie thermique de 5000 Kelvin (=4700°). Ce phénomène lui permet de chasser, l'onde de choc est tellement violente qu'elle est capable de stupéfier sa proie, d'assommer un crabe, de briser les coquilles voire même de tuer de petits poissons sur le coup. Parfois même la force est capable de briser les vitres de l'aquarium lorsqu'elles sont domestiquées.





### III/ La lumière et les ondes sonores

La lumière et le son sont deux phénomènes ondulatoires.

Il s'agit de formes d'énergies qui sont créés par une source et qui peuvent se propager toutes les directions offertes par le milieu de propagation. Une onde transporte de l'énergie mais pas de matière. La vitesse de propagation de l'information est appelée célérité.

De façon générale, un phénomène ondulatoire correspond à la propagation d'une perturbation sans déplacement de matière.

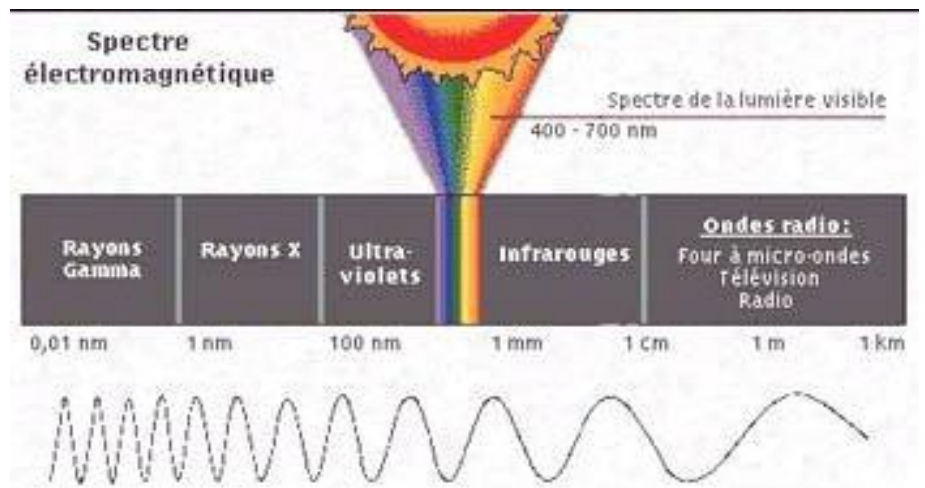
La lumière et les ondes sonores appartiennent à deux catégories d'ondes différentes :

- Les ondes sonores sont des ondes mécaniques
- Les ondes lumineuses sont des ondes électromagnétiques

#### III.1. Les ondes lumineuses

##### III.1.1. Présentations des ondes lumineuses

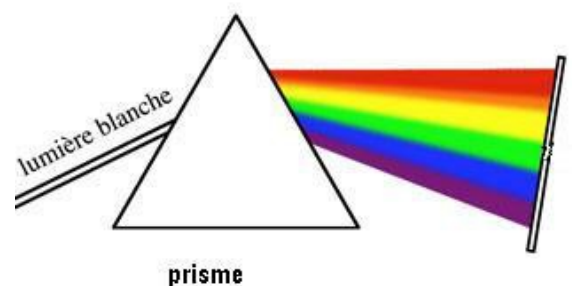
Les ondes lumineuses sont des ondes électromagnétiques appartenant au domaine du visible (perçu par l'œil). Ces ondes sont périodiques sinusoïdales avec une longueur d'onde comprise entre 400nm et 800nm. A l'extérieur de ce dernier, se trouve la lumière non visible, en dessous de 400nm se trouvent les ultraviolets, au dessus de 800nm : les infrarouges.



[http://maisondessciences.univ-provence.fr/Local/escup/dir/lumiere/Spectre\\_electromagnetique.jpg](http://maisondessciences.univ-provence.fr/Local/escup/dir/lumiere/Spectre_electromagnetique.jpg)

La lumière la plus simple à utiliser est la lumière blanche. Cette dernière est qualifiée de polychromatique c'est à dire qu'elle est constituée de toutes les radiations du visible. Pour le montrer, nous avons réalisé l'expérience de Newton :

Quand un faisceau de lumière blanche traverse un prisme, on obtient sur un écran situé derrière celui-ci un ensemble de 7 teintes principales : violet, indigo, bleu, vert, jaune, orange et rouge. C'est le spectre de la lumière blanche



<http://tpe.trou.noir.free.fr/Images/lum2.jpg>

### Remarques :

- Les lumières isolées dans l'expérience de Newton sont des ondes électromagnétiques lumineuses qu'on appelle radiations lumineuses. Elles représentent une infime partie des ondes électromagnétiques.
- Il existe des sources de lumières différentes. Une source polychromatique émet plusieurs radiations lumineuses appelées radiations monochromatiques. Une radiation monochromatique est caractérisée par sa longueur d'onde  $\lambda$  (en mètre) dans le vide ou par sa fréquence  $\nu$  (en hertz)

## III.1.2 Propagation des ondes lumineuses

La lumière se propage en ligne droite dans tous les milieux homogènes et transparents. Sa célérité est de 300 000km/s dans le vide ou dans l'air.

Pour déterminer la célérité des ondes lumineuses dans les milieux transparents, il faut utiliser l'indice de réfraction de ces milieux :  $n = \frac{c}{v}$  où  $n$  : indice de réfraction ;  $v$  : célérité dans le milieu transparent et  $c$  : célérité dans le vide

Les ondes électromagnétiques et donc les ondes lumineuses (lumière) ne nécessitent pas de milieu matériel pour se propager : elles peuvent se propager dans le vide.

## III.2. Les ondes sonores et ultrasonores

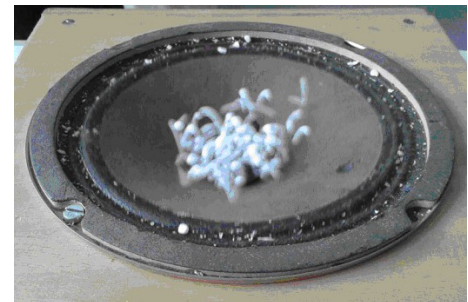
### III.2.1 Présentation

Une onde sonore ou ultrasonore est une onde mécanique, c'est à dire la propagation d'une perturbation mécanique sans déplacement de matière du milieu.

**Expérience 1 :** Nous avons placé des petits morceaux de polystyrène sur la membrane d'un haut-parleur en fonctionnement

Observation : Les morceaux de polystyrène se mettent à vibrer

Conclusion : une onde sonore est produite par la vibration de la membrane d'un haut parleur



**Expérience 2 :** Vibration de l'air

Protocole : Nous avons placé une bougie devant un haut-parleur alimenté par un générateur basse fréquence

Observation : La flamme vacille lorsque le haut-parleur fonctionne.

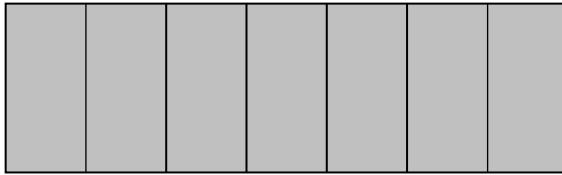
Conclusion : Le son se propage donc en déplaçant des tranches d'air.



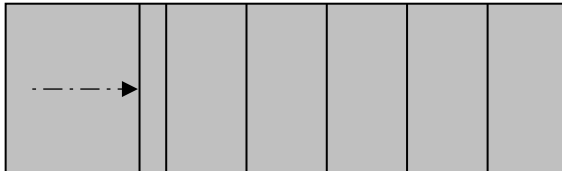
La perturbation mécanique caractéristique de l'onde sonore correspond à une succession de dilatation et

de compression des tranches du milieu de propagation (l'air par exemple)

Schéma de la propagation d'un son dans l'air suivant une direction :



**Dans un milieu immobile, nous avons des tranches d'air.**



**Lors de la propagation d'un son, la première tranche est poussée et se rapproche de la 2<sup>nd</sup>**



**Il se produit alors une répulsion des tranches d'air 2 et 3 ce provoque un retour à sa position initiale pour la tranche 1 et un rapprochement de la tranche 3 pour la 2 et ainsi de suite.**

Chaque zone de compression correspond à une zone de pression élevée (surpression) et chaque zone de dilation à une zone de pression faible (dépression).

Ce type d'onde mécanique est qualifié de longitudinale car la perturbation est dans la même direction que la propagation.

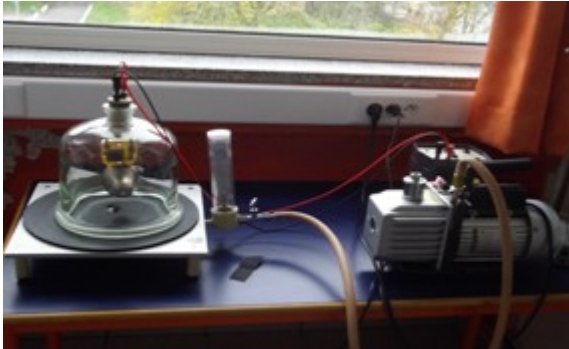
On parle de son quand l'onde est périodique, c'est à dire quand la source de l'onde produit la perturbation périodiquement. Elle sont caractérisée par une double périodicité : Une période temporelle ( $T$  : intervalle de temps entre deux répétitions de la perturbation par la source) et une période spatiale (longueur d'onde  $\lambda$  : distance entre deux perturbations dans le milieu à  $t$  fixé)



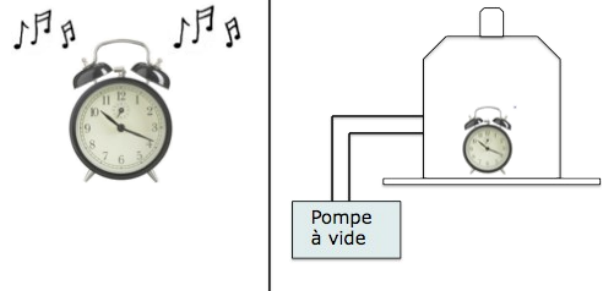
### III.2.2 Milieu de propagation et célérité

#### Mise en évidence

Protocole : Nous avons placé un réveil en train de sonner dans l'air ambiante. Ensuite nous l'avons placé sous une cloche reliée à une pompe à vide.



#### Schéma de l'expérience :



Observations : À l'air libre, la sonnerie du réveil est perceptible. Quand le vide se crée dans la cloche, l'intensité du son diminue jusqu'à devenir inaudible.

Conclusion : Le son ne peut pas se propager dans le vide. Les ondes sonores nécessitent un milieu de propagation.

Les ondes sonores peuvent être produites par une vibration mécanique dans un milieu fluide ou solide mais pas dans le vide. Elles ont donc une vitesse de propagation qui dépend du milieu de propagation et de ses caractéristiques (élasticité, température, ...).

Cette vitesse est appelée pour les ondes célérité et vaut environ 340 m/s dans l'air à la température ambiante et environ  $1500\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  dans l'eau

### III.2.3 Caractérisations des sons

Les ondes sonores sont périodiques et leurs fréquences sont comprises entre 20 Hz et 20000 Hz (domaine de l'audible). Au delà, l'homme ne les perçoit plus : on parle d'ultrasons.

Notre sujet nous impose de nous travailler sur les ultrasons.

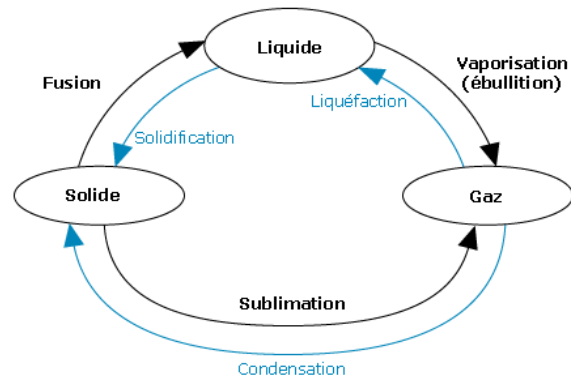
## IV/ La cavitation

### IV/1. La cavitation de l'eau

#### IV/1.1 Etat de l'eau et changements d'état

L'eau connaît 6 changements d'état possibles

Généralement pour réaliser un changement d'état de l'eau en laboratoire, on a tendance à modifier sa température. En effet en enlevant ou en ajoutant de la chaleur un de l'eau à l'état liquide par exemple, il est possible de la faire passer à l'état liquide ou à l'état gazeux.



Ces changements d'état ne sont pas uniquement fonction de la température. En effet la pression intervient également.

Expérience : On utilise une trompe à eau pour réaliser une baisse de pression importante dans une fiole à filtrer contenant de l'eau tiède.

Observation : L'eau bout alors que la température de l'eau est de 38°C.

Conclusion : La température d'ébullition d'un corps pur dépend de la température.



Expérience : Bouillant de Franklin

Description : On chauffe un ballon en pyrex contenant un peu d'eau jusqu'à ébullition. On bouche puis on laisse refroidir une minute. On place le ballon sous l'eau froide.

Observation : On observe une ébullition de l'eau dans le ballon

Conclusion : L'eau peut bouillir à une température inférieure à 100°C.



## IV.1.2 Etude de l'ébullition et de la liquéfaction de l'eau

D'après les expériences précédentes, il semble que la température d'ébullition de l'eau soit fonction de la pression. Nous avons recherché le moyen de suivre l'évolution relative de ces deux grandeurs.

Nous avons grâce à une cocotte minute équipée d'un thermomètre et d'un pressiomètre pour suivre l'évolution de la pression avec la température.

Nous avons augmenté la température de l'eau jusque 110°C puis avons laissé refroidir tout en réalisant nos mesures.

température en °C	108,9	107	106	104,6	103	102	101	100	99	96	94	92	89,7	88
pression en hPa	1310	1229	1187	1134	1079	1044	1009	989	950	894	869	850	836	829

De ce fait, nous avons observé que la pression redescendait aussi.

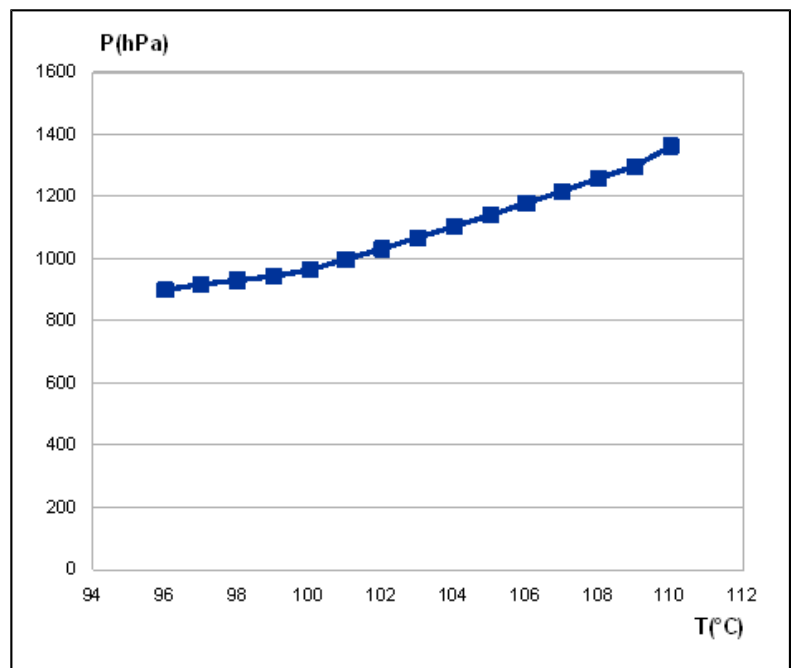
La courbe que nous avons obtenue est représentée ci-contre :

### Interprétation :

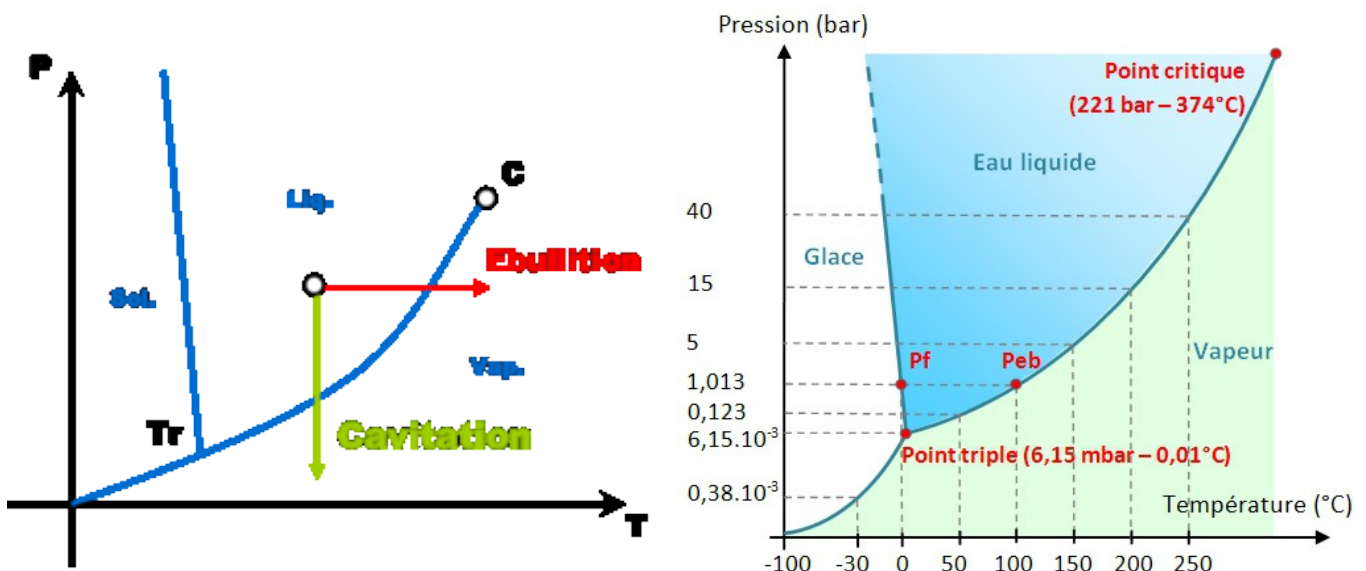
Quand la température a atteint la valeur de 110°C, la cocotte contenait un mélange d'eau liquide et de vapeur d'eau. On peut alors considérer que l'on mesure la température de l'équilibre liquide gaz pour l'eau : la température d'ébullition. Au cours du refroidissement, la vapeur d'eau se transforme progressivement en eau liquide ce qui provoque un défaut d'espace gazeuse et donc une baisse de pression.

**Conclusion :** On peut donc en déduire que pour une température donnée l'eau peut changer d'état sous l'effet d'un changement de pression.

Ainsi, une baisse de pression peut provoquer si elle est suffisante l'ébullition de l'eau à température ambiante.



En cherchant sur internet nous avons trouvé les diagrammes suivants montrant les variations de la pression de l'eau en fonction de la température (appelé diagramme des phases)



## IV/1.3 La cavitation

### Définition

La cavitation est un passage de l'état liquide à l'état de vapeur sous l'effet d'une forte dépression.

Pour améliorer nos connaissances sur la sonoluminescence et plus précisément sur la cavitation acoustique nous avons contacté monsieur Bertrand Dubus, chercheur au CNRS et professeur à l'ISEN. Nous avons contacté ce dernier et obtenu un entretien téléphonique avec lui le 21 novembre 2013 et allons nous nous sommes rendus dans ses laboratoires le 8 janvier 2014.

Monsieur Dubus est un chercheur polyvalent qui exerce depuis 25 ans. Depuis le début de sa carrière il a étudié de nombreux sujets concernant notamment la cavitation et le son avec ses élèves. Il s'est intéressé durant une certaine période à la sonoluminescence se rendant compte que ce phénomène est extrêmement complexe à réaliser et observer. De ce fait, nous pensons rencontrer de grandes difficultés à observer une bulle, même s'il nous a donné de précieux conseils pour tenter de reproduire le phénomène à notre échelle et avec nos moyens.

Ce dernier nous a expliqué que l'obtention du phénomène à partir d'une seule bulle de gaz (mono-bulle) était plus facile à interpréter mais qu'il serait plus simple pour nous de réaliser une sonoluminescence en multi-bulles (comme lui même l'a pratiqué).

Il nous a aussi conseillé de dissoudre du gaz dans l'eau pour faciliter la formation de bulles de gaz qui ne serait donc pas des bulles de vapeur d'eau par les ultrasons.

D'autre part, il semblerait possible d'utiliser une cuve à ultrasons nettoyant les bijoux pour obtenir le phénomène de cavitation et peut être observer le phénomène de sonoluminescence

### Conclusions :

Pour réaliser une éventuelle observation, il ne faut pas tenter de faire caviter l'eau elle même, mais plutôt les gaz dissous. Dans ces conditions les dépressions nécessaires sont beaucoup plus faibles et le passage d'ondes ultrasonores pourrait être suffisant.

Pour l'observation, le phénomène étant relativement court, il serait préférable d'observer dans la plus grande obscurité, et de préférence avec une plaque photographique et un temps de pose très grand.

## IV/2. Cavitation des gaz dissous

### IV/2.1 Solubilité des gaz dans l'eau

A température constante, il existe une proportionnalité entre la quantité de gaz dissous dans un liquide et la pression que le gaz exerce sur ce dernier. Cette proportionnalité se traduit par une loi physique: la loi de Henry.

$$p = K_H c$$

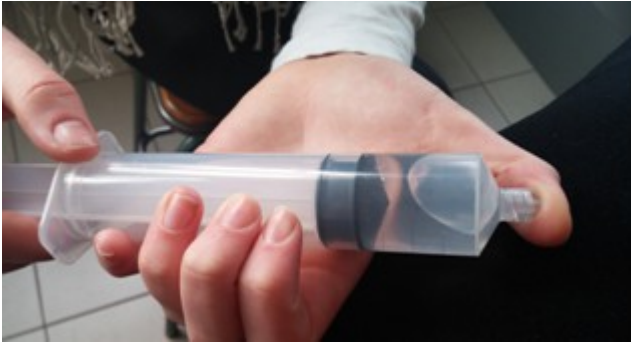
où  $p$ , la pression en atm ou en Pa (1 atm = 101 300 Pa)  
 $K_H$ , la constante de Henry  
 $c$ , la concentration en mol/L

D'après la loi de Henry:

- Lorsque la température augmente, la dissolution diminue.
- Lorsqu'un gaz est en contact avec un liquide, il y a échange entre le gaz et le gaz dissous dans ce liquide.
- A l'équilibre (quand les échanges entre les gaz sont terminés), les échanges sont égaux.

#### IV/2.2 Mise en évidence expérimentale

**Expérience1 :** Nous avons cherché à mettre en évidence cette loi et ce rapport proportionnel existant entre le gaz dissous et la pression exercée.



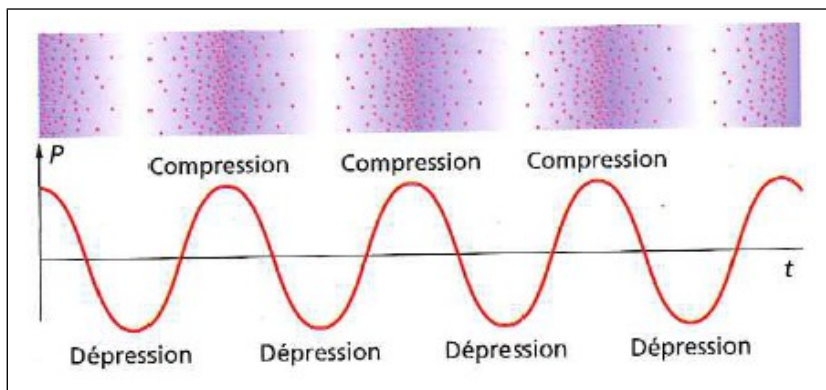
Explications: On insère de l'eau gazeuse légèrement dégazéifiée dans une seringue. On tire sur le piston de cette dernière. La pression augmente, et il y a réapparition de bulles de gaz dissous.

**Expérience2 :** De l'eau avec BBT sous pression avec CO<sub>2</sub> donne une coloration jaune. Quand on replace le flacon à l'air libre passage à une coloration bleue après ½ heure.

Conclusion : Quand p augmente la solubilité augmente

#### IV/2.3 Cavitation des gaz dissous par le passage des ondes ultrasonores

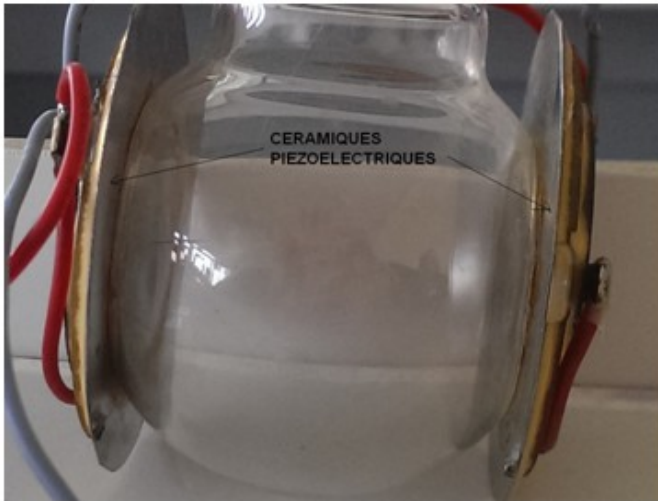
Les ondes ultrasonores correspondent à la propagation d'un ensemble surpression/dépression des tranches d'air. Quand elles se propagent dans l'eau, que les gaz dissous réapparaissent au passage de la dépression



Après de nombreux essais à l'aide matériel du lycée (émetteur et récepteurs d'US), nos résultats étaient très décevants. Lors de notre rencontre à l'ISEN, Monsieur Dubus nous a prêté un ballon spécialement conçu pour la cavitation. Ce ballon est muni de céramiques piézoélectriques à chaque extrémité du ballon. Nous avons donc expérimenté avec ce dernier. Nous avons utilisé un générateur basses fréquences. Le ballon est rempli d'eau. Après quelques semaines d'observations et de changements de paramètres



(quantité d'eau dans la vasque, conditions d'éclairage) nous avons trouvé la fréquence à utiliser pour observer la cavitation.

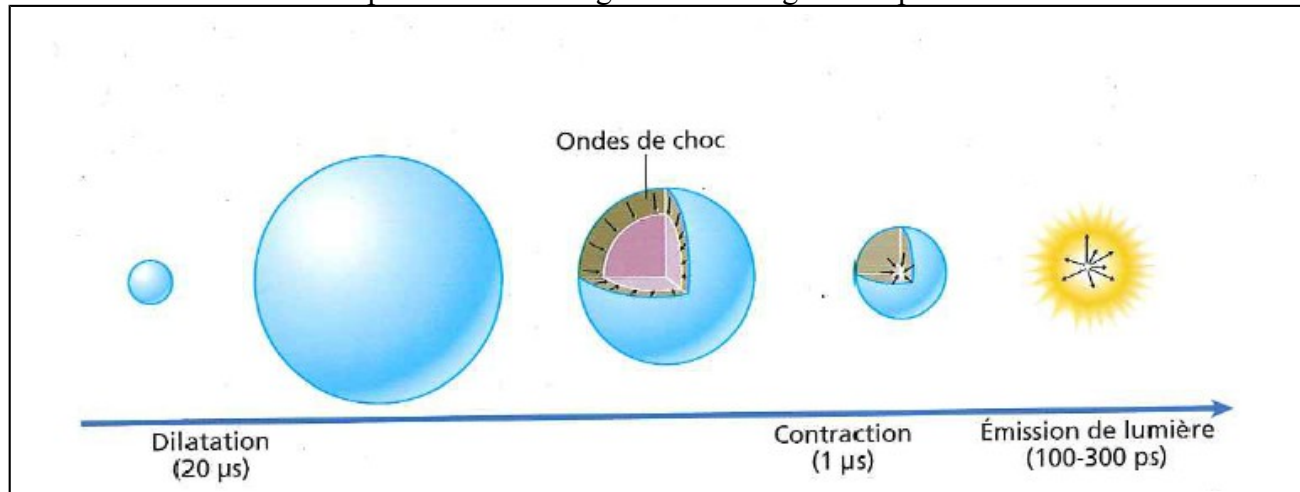


## V/ La sonoluminescence

### V.1. Définition

La cavitation acoustique se produit lors du passage d'une onde dans un liquide (ici l'eau). Cela crée un enchaînement : dépression/surpression. Lors de la dépression, une bulle de vapeur d'eau se forme, et lors de la surpression elle s'écrase sur elle même. Ce phénomène dégage une forte énergie qui se traduit par une émission lumineuse.

La sonoluminescence est la production d'énergie lumineuse grâce au phénomène de cavitation acoustique

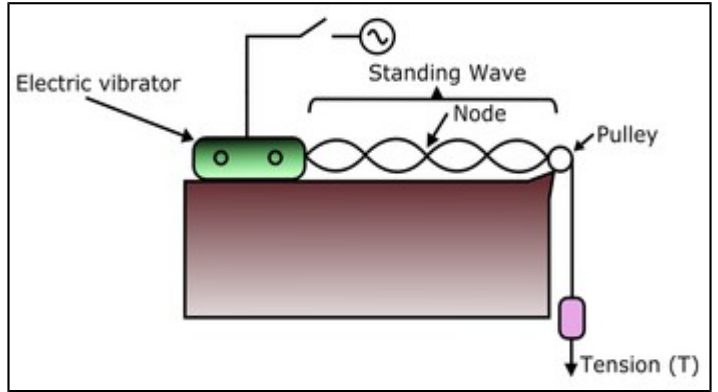


Pour observer la sonoluminescence dans de bonnes conditions, il semble que beaucoup de paramètres sont à prendre en considération. En effet, il est indispensable de travailler dans l'obscurité totale et sur une seule bulle de gaz.

Il est donc nécessaire d'obtenir la cavitation, mais il faut aussi réussir à bloquer la bulle formée dans une zone de la vasque. Notre dispositif est en réalité le siège d'ondes stationnaires. En étudiant les propriétés de ce type d'onde, nous aurons peut être la possibilité de parvenir à piéger nos bulles.

## V.2. Les ondes stationnaires

C'est à dire une onde qui ne se propage plus.  
Chaque point du milieu vibre dans le temps entre deux positions extrêmes.



### V.2.a) Mise en évidence : Etude de la corde de Melde

Une corde tendue par une masse suspendue à l'aide d'une poulie est excitée par un vibreur à fréquence variable.

**Observations** : Pour certaines fréquences, la corde entre en vibration avec une amplitude significative. Dans un premier temps, on observe un fuseau de vibration puis il est possible d'en observer plusieurs

**Conclusion** : La corde est le siège d'ondes qui ne progressent pas : elles sont stationnaires

Les fuseaux observés correspondent à une succession de nœuds et de ventres de vibrations. En effet certains points de la corde ont une amplitude de vibration maximale (ventre de vibration) et d'autres ne vibrent pas (nœuds de vibration).

<b>EXPERIENCE1</b>	Fréquences (Hz)	1m-50g
	18	1 fuseau
	36	2 fuseaux
	54	3 fuseaux
	72	4 fuseaux
	89	5 fuseaux
	108	6 fuseaux
	127	7 fuseaux

Nous avons recherché les fréquences de vibration donnant naissance aux différents fuseaux observés :

**Conclusion 1** : Les fréquences sont toutes des multiples entiers de la fréquence donnant un fuseau unique.  
 $f_p = p \times f_1$ . Pour la fréquence  $f_1$ , le

mode de vibration est appelé mode propre de vibration. Les autres modes sont les modes harmoniques.

Nous avons ensuite cherché à connaître l'influence des différents paramètres de la corde sur nos observations. Dans un premier temps, nous avons choisi de modifier la tension de celle-ci en modifiant la masse suspendue

<b>EXPERIENCE2</b>	Fréquences (Hz)	1m-100g
	25	1 fuseau
	50	2 fuseaux
	75	3 fuseaux
	100	4 fuseaux

**Conclusion 2** : Quand la tension augmente les fréquences augmentent

Nous avons ensuite étudié l'effet d'une modification de la longueur de la corde.

<b>EXPERIENCE 3</b>	Fréquences (Hz)	50cm-100g
	50	1 fuseau
	100	2 fuseaux
	150	3 fuseaux
	200	4 fuseaux

**Conclusion3** : Les fréquences des modes de vibration de la corde sont inversement proportionnels à la longueur de la corde.

En recherchant, nous avons trouvé que la tension de la corde avait une influence sur la célérité des ondes qui s'y propagent. On en a alors déduit que les fréquences des modes de vibration étaient fonction à la fois de la célérité des ondes et de la longueur de la corde.

### V.2.b) Piéger une bulle de gaz dans une vasque

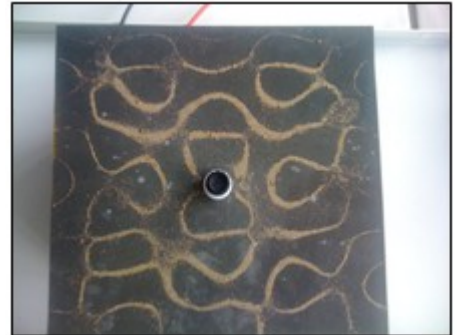
Pour piéger une bulle nous avons donc pensé à la placer entre deux nœuds de vibration au sein d'un système d'ondes stationnaires établies à l'intérieur de la vasque.

Malheureusement, notre vasque est très différente de la corde. En effet dans le cas d'une corde la propagation des ondes est à une dimension alors qu'elle est à trois dimensions dans le cas de notre système.

En fouillant dans les archives de l'atelier scientifique du lycée nous avons retrouvé un projet d'Olympiade sur les figures de Chladni qui utilisait aussi les ondes stationnaires mais cette fois dans une plaque métallique

Il semble que dans ce cas les nœuds sont en fait des courbes appelées lignes nodales. Les ventres sont également des courbes. Le mode fondamentale présente les courbes nodales les plus simples.

Nous imaginons alors que dans notre vasque les lignes nodales sont en fait des surfaces. Il nous faut donc être sur un mode de vibration donnant un nombre assez important de surfaces nodales de manière à placer notre bulle au niveau d'une zone très réduite dans laquelle les amplitudes de vibration sont très faibles. D'autre part dans ces zones les variations de pression sont les plus grandes ce qui devrait nous mettre dans les meilleures conditions pour l'observation de la sonoluminescence.



### V.2.c. Expérimentations

Nous en sommes arrivés à choisir un mode de vibration repéré par la cavitation des gaz dissous pour de l'eau complètement dégazéifiée. Nous insérons ensuite une bulle d'air à l'aide d'une seringue et essayons de la piéger dans une zone particulière du ballon. Les résultats pour cette étape restent très hasardeux. En effet, en fonction du volume de la bulle introduit et de sa position initiale, celle-ci oscille mais finit par remonter en surface.

D'autre part, pour être sûr d'avoir une émission dans le visible nous sommes procurés de l'argon et l'avons dissous dans notre eau dégazéifiée. En nous replaçant sur le bon mode de vibration nous avons réussi à faire apparaître une bulle d'argon et à la piéger. Nous devons maintenant la prendre en photo dans l'obscurité totale en choisissant un temps de pause très grand pour espérer apercevoir la sonoluminescence.

### V.3. Lien avec la crevette

La base de notre sujet était la crevette *Alpheus Bellulus*, aussi appelée crevette pistolet. Dans son milieu naturel la crevette produisait une bulle, qui en se rétractant, laissait échapper un bruit et une radiation lumineuse. Ce phénomène correspond donc à la sonoluminescence dans le monde du vivant et lui permettait notamment de chasser et de communiquer.



## VI. Conclusion.

A ce stade, nous maîtrisons le phénomène de sonoluminescence mais ne parvenons pas à l'obtenir. Cependant, après beaucoup d'efforts et d'expériences, nous avons atteint une étape importante de notre objectif final : la cavitation et le contrôle des bulles de gaz.

De plus, nous allons poursuivre notre travail pour atteindre notre but final.

Nous tenons à remercier MDUBUS de L'ISEN pour les précieux conseils qu'il nous a donnés ainsi que pour le prêt des céramiques piézoélectriques.