Lycée Vauvenargues

XXIVème OLYMPIADES DE PHYSIQUE 2016-2017

Étude d'un brumisateur

Élaboré par :

CARINOS Emile
WHEIN Maguelone
RAPALINI Romain
GRIFFA Adrien

Sommaire

Introduction……..p.3

A- Etude d'un brumisateur…….p.4

1 présentation……..p.4

2 Fonctionnement du Mistmaker……..p.4

3 Etude de la brume……...p.6

3.1 Débit……p.6

3.1.1 Débit en fonction de la température……..p.6

3.1.2 Débit en fonction de la pression……p.7

3.2 pH de l'eau…….....p.7

4 Mécanisme……..p.8

4.1 Ondes stationnaires……...p.8

4.2 Instabilités de Faraday……...p.12

4.3 Création de la brume……..p.12

B- Désalinisation…….....p.15

1 Influence de la température sur le débit……p.15

2 Mesure de la salinité de l'eau brumisée……..p.17

3 Montages de désalinisation……p.17

3.1 Aquadôme……p.17

3.2 Premier montage……..p.18

3.3 Deuxième montage……..p.19

Conclusion……p 20

Bibliographie.....p 20

Introduction

Dans notre lycée comme ailleurs, l'étude de l'eau, ça coule de source ! ☺

L'an dernier, nous avons été impressionnés par les oscillations d'une goutte d'eau, et, dès la rentrée, nous étions motivés par une grande soif d'expérimentation, d'apprentissage et aussi de découverte.

Nous voulions donc participer aux Olympiades de Physique, et pour nous donner une idée de sujet d'étude, deux de nos professeurs de physique, M. Polidoro et M. Mathieu nous ont proposé le Mistmaker. En le plongeant dans de l'eau et en l'alimentant en courant électrique, ce petit cylindre métallique produit ce que nous croyons tout d'abord être de la vapeur. En soufflant dessus, en la touchant, nous nous sommes rendus compte que cela s'apparentait plutôt à de la brume, car elle était froide. Ce phénomène nous a intrigués, et nous avons tout de suite commencé à expérimenter, à tester ce Mistmaker en suivant des directions très différentes.

En commençant par des notions simples à comprendre, comme le débit d'eau ou son pH, nous avons exploré des domaines de la physique de plus en plus complexes. De même, nos expérimentations se sont aussi complexifiées, avec des montages passant du Mistmaker plongé dans un simple bécher à des prises de vidéos avec la caméra ultrarapide au laboratoire d'acoustique du CNRS, à Marseille

Ce travail, nous a permis d'approfondir et d'affiner notre compréhension de ce phénomène, même si elle reste incomplète. Cela nous a aussi permis de découvrir le travail en équipe, d'appliquer des démarches scientifiques, de travailler avec des chercheurs, sur un sujet que nous nous sommes appropriés

A- <u>Étude d'un brumisateur</u>

1-Présentation

Nous venons d'acquérir notre premier Mismaker

Il produit bien la brume promise !

Fig.1

Fig.2

Nous consultons ensuite la notice pour en apprendre plus sur ses caractéristiques et son fonctionnement.

. Le brumisateur utilise des oscillations électriques à intervalles ultrasoniques. La céramique transforme les oscillations électriques en oscillations mécaniques ce qui crée de la brume et vaporise de l'eau. Cette oscillation produit également des ions négatifs qui aident à rafraîchir l'air et ajoutent de l'humidité à la pièce.

. Possède un détecteur de niveau d'eau pour une automatisation et un nouveau disque céramique inrayable.

. Bas voltage sécurisé, inoffensif pour l'homme et l'animal.

Nom du produit	Mistmaker/ brumisateur
Voltage	Entrée : 230V/50Hz Sortie : AC 24V/1000mA
Consommation en énergie	0,9A
Température de fonctionnement	5 à 50°C
Débit	≥ 500 mL/h
Taille de la céramique	ø20mm
Profondeur d'eau de fonctionnement	20-35mm à partir de la surface céramique

Nous allons tout d'abord chercher à comprendre le fonctionnement du Mistmaker, puis étudier la brume produite et enfin le mécanisme de formation de la brume.

2- Fonctionnement du Mistmaker

Reprenons différents éléments de la notice :

- « *La céramique transforme les oscillations électriques en oscillations mécaniques* ». Il s'agit donc d'un transducteur, dispositif convertissant un signal physique en un autre. Ici, c'est un transducteur électroacoustique, convertissant un signal électrique en un signal acoustique.

-La présence d'un « *disque de céramique* » nous indique que le transducteur fonctionne grâce à l'effet piézoélectrique. C'est une propriété que possèdent certains corps (comme la céramique) de se polariser électriquement sous l'action d'une contrainte mécanique et réciproquement de se déformer lorsqu'on leur applique un champ électrique.

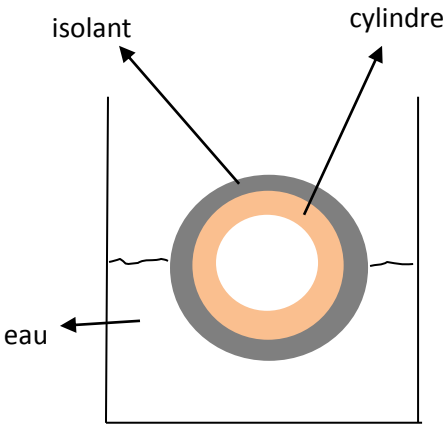
La céramique piézoélectrique que nous allons utiliser consiste donc en une plaque circulaire placée dans un circuit oscillant qui la fera vibrer à sa fréquence de résonance. Cette oscillation à haute fréquence induira des vibrations acoustiques verticales dans le milieu (l'eau).
Cependant, cette fréquence n'est pas indiquée dans la notice et nous voulons connaître sa valeur. Nous démontons alors le Mistmaker pour accéder à l'alimentation de la céramique.
Malheureusement, tout le système électronique est noyé dans un plastique étanche.

Fig.3 – *Mistmaker « démonté »*

-Le « *détecteur de niveau d'eau* » nous intrigue. Il apparaît comme une petite anse surmontant le boîtier (voir fig n°1).

Son démontage nous permet de voir qu'il est constitué d'un cylindre de cuivre recouvert d'un isolant.

Fig.4



Nous faisons l'hypothèse que le cylindre et l'eau qui l 'entoure constituent les armatures d'un condensateur, l'isolant jouant le rôle de diélectrique.
Lorsque le niveau d'eau baisse, la capacité du condensateur diminue et déclenche l'arrêt du fonctionnement du transducteur.

Fig.5

Ceci expliquerait aussi l'avertissement de la notice :
« *Le brumisateur a besoin d'eau du robinet seulement, ni l'eau distillée ni l'eau pure ne sont permises sinon le niveau d'eau ne fonctionnera pas correctement….*
En effet, l'eau du robinet a une conductivité nettement supérieure (0,40 mS.cm^{-1}) à celle de l'eau distillée et de l'eau pure.

Nous testons notre hypothèse en mesurant la valeur de la capacité avec ou sans eau (mais avec un autre diélectrique, de la gaine thermo rétractable pour assurer l'etanchéité). Nous trouvons un facteur trois de 5 pF à 16 pF ce qui semble confirmer que la présence d'eau peut être détectée comme sur le document [7]

Fig.6

3-Etude de la brume

3.1. Débit

Nous voulons voir si la donnée du constructeur pour le débit d'eau éjecté est correcte : ≥ 500g/h

3.1.1. Débit en fonction de la température

Matériel nécessaire :

- Un transducteur, alimentation fournie,
- Une balance 0-2000g,
- Ventilateur à vitesse de rotation variable,
- De la verrerie (ici un bécher),
- Un thermomètre.

Protocole :

- Mettre le transducteur dans un bécher, puis peser une masse d'eau (m1) de 716g pour que le niveau de l'eau soit 1 cm au dessus du transducteur (hauteur recommandée).
- Ensuite, installer un ventilateur à proximité du système pour éviter que la brume se condense et retombe dans le bécher.
- Mettre le transducteur en marche pendant une minute pour ensuite pouvoir mesurer la nouvelle masse de l'eau (m2), et calculer la quantité d'eau vaporisée en une heure :

(m1-m2) x 60 = eau vaporisée/heure

Nous avons dressé une courbe du débit de gouttes éjectées en fonction de la température de l'eau :

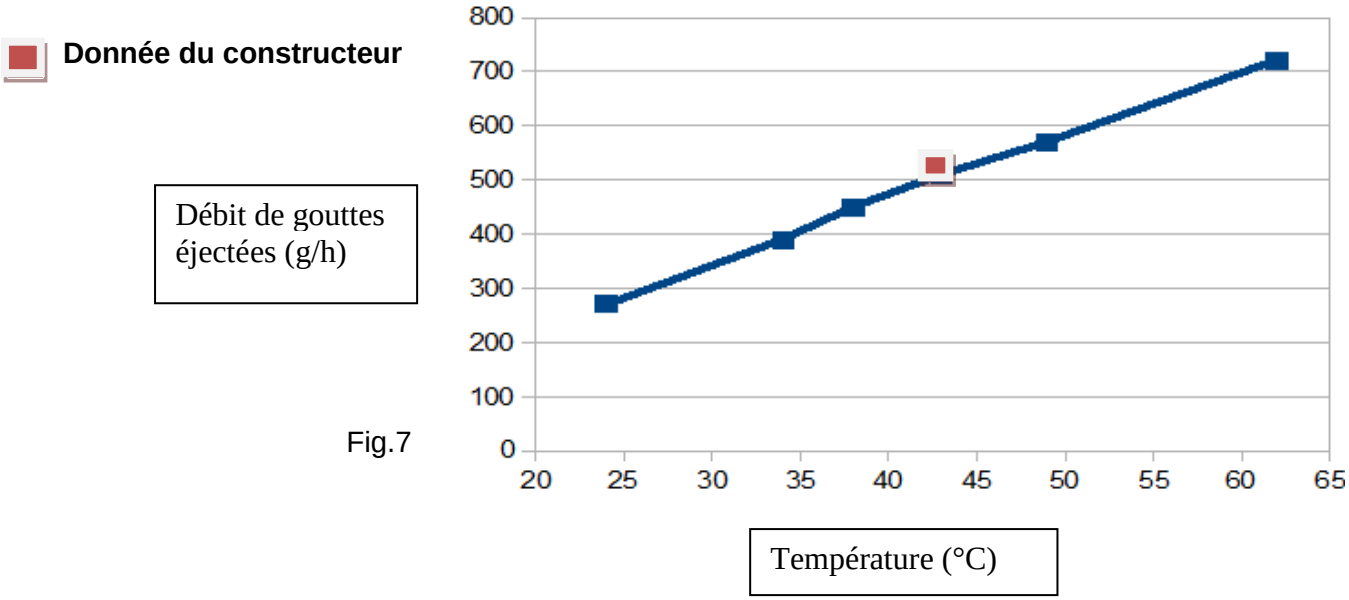


Fig.7

Nous observons donc que le débit augmente avec la température de l'eau.La donnée du constructeur est vérifiée pour une température de 44°C.

3.1.2. Débit en fonction de la pression

Protocole :

Remplir le récipient avec de l'eau du robinet
Plonger le mistmaker et peser le récipient
Placer le récipient à l'intérieur d'une cloche à vide, avec un pressiomètre allumé
A l'aide d'une pompe, réduire la pression à l'intérieur de la cloche
Mettre en marche le Mistmaker durant 30s, pour éviter que la brume retombe dans le récipient.
Dépressuriser, retirer le récipient et le peser.
Comparer les masses et calculer le débit

Nous nous attendions à ce que le débit augmente quand la pression diminue. Or, après plusieurs séries de mesures, il semblerait qu'il n'y a pas de lien entre la pression et le débit d'eau éjecté.

Fig.8

3.2. PH de l'eau

Afin d'étudier plus en détail ce qui se passe durant la brumisation, nous voulons étudier des caractéristiques de l'eau brumisée et de l'eau restante. De plus, le fabricant du Mistmaker prétendait que la brumisation produisait des « ions négatifs qui aident à rafraîchir l'air et ajoutent de l'humidité à la pièce».

Pour vérifier cela, nous avons récolté l'eau brumisée à l'aide de deux bassines, puis mesuré le Ph des deux eaux.

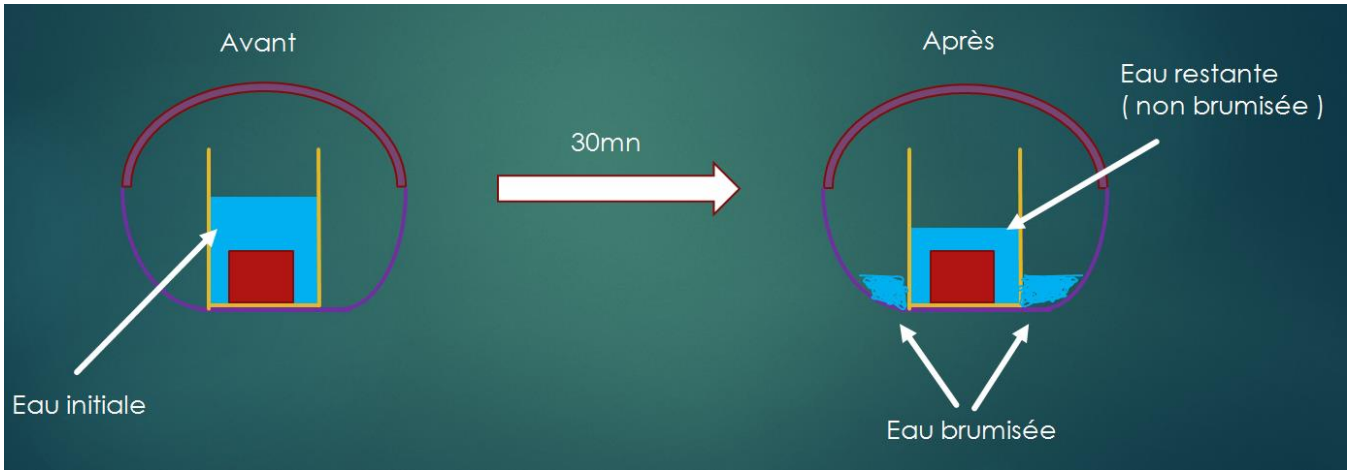


Fig.9

Le Ph de l'eau restante n'avait pas changé, mais celui de l'eau brumisée était beaucoup plus acide.
On peut expliquer cela du fait de la présence de dioxyde de carbone dans l'air, qui, en se dissolvant dans la brume en suspension dans l'air, va augmenter son acidité. C'est ce phénomène aussi qui explique l'acidification des océans.
Cependant, ceci ne nous permet pas d'identifier la nature et le rôle des ions négatifs indiqués par la notice.

4-Mécanisme

4-1 Ondes stationnaires

Nous émettons l'hypothèse que les vibrations du disque de céramique engendrent la propagation verticale d'une onde ultrasonore dans l'eau.
Pour la vérifier, nous avons réalisé 2 expériences.

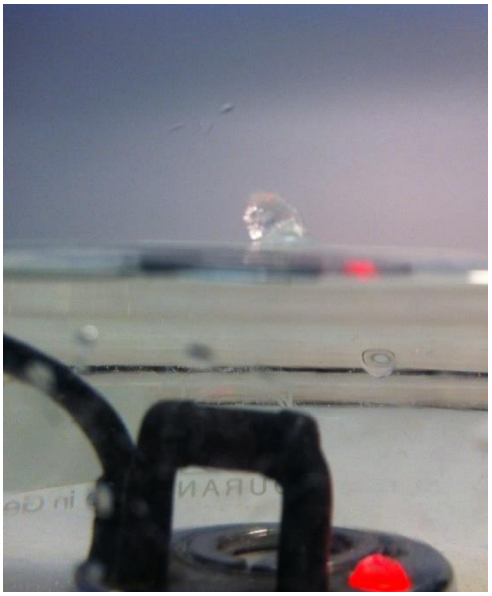
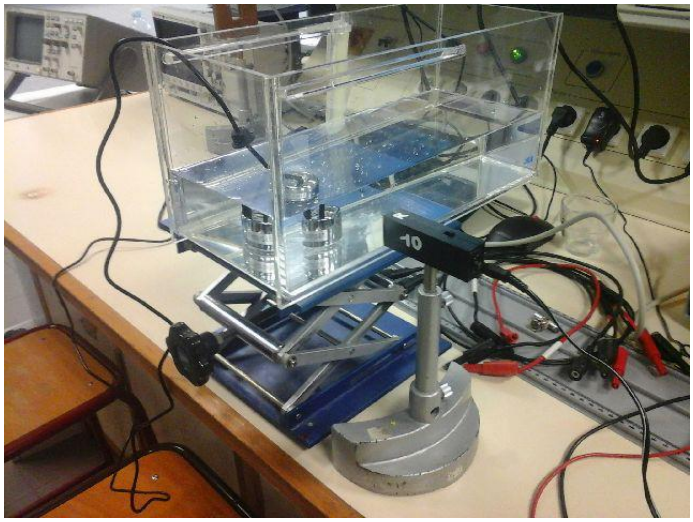


Fig.10

Première expérience

Protocole mis en place pour l'observation des franges d'interférence, image des ondes progressives se propageant dans l'eau :

Fig. 11



- Se positionner à une distance d'environ 5 mètres (pour pouvoir mesurer précisément les franges) d'une surface plane ou l'on pourra visionner les franges d'interférences
- Sélectionner un récipient assez large et haut pour éviter à la fois les éclaboussures et permettre de déplacer le rayon laser verticalement / horizontalement
- Positionner le récipient afin que la paroi la plus grande soit parallèle au tableau ou à la surface plane (choix de l'appréciateur)
- Positionner le transducteur ultrasonique au fond du récipient dont les parois ont été préalablement nettoyées dans le but d'éviter les perturbations lors du visionnement. Penser à positionner le câble du transducteur de façon a ce qu'il n'obstrue pas le rayon laser.
- Remplir le contenant d'eau potable jusqu'à ce que le ménisque soit à 1cm < (+ ou – 2cm) au-dessus de l'élément le plus haut du transducteur
- Positionner le rayon laser à 20 cm (+ ou – 5cm) de la paroi et diriger le faisceau pour qu'il traverse le récipient et puisse être visible au tableau
- Positionner le faisceau pour qu'il passe entre 3 et 7cm au-dessus du transducteur
- Mettre en route le rayon laser
- Mettre en marche le transducteur en branchant le système à une prise secteur
- Mesurer la distance qui sépare 2 franges pour cela pendre la distance entre plusieurs fanges puis diviser (permet de réduire l'incertitude)
- Nettoyer le matériel

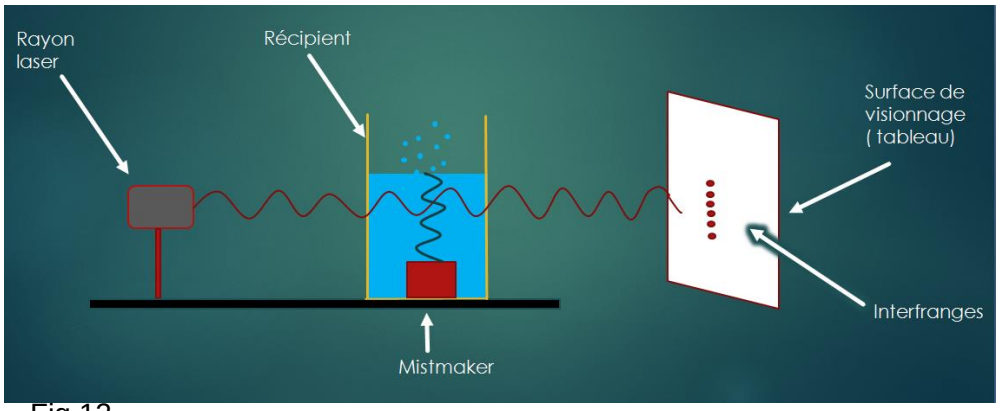


Fig.12

Fig.13

Interprétation

L'onde ultrasonore se propageant dans l'eau se comporte comme un réseau : l'interaction avec le laser donne une figure d'interférence

En effet, selon un document de l'ENS CACHAN [6] :

« *Dans le cas ou l'onde acoustique est atténuée lors de sa réflexion sur la paroi de la cuve, on obtient alors une onde progressive qui possède néanmoins un certain taux d'onde stationnaire.*
Comme indiqué dans les paragraphes précédents, la fréquence de l'onde ultrasonore (qui est de l'ordre de quelques MHz) est beaucoup plus faible que la fréquence optique (quelques 10^{14} Hz).
L'onde lumineuse étant diffractée par un réseau de phase qui, lui, semble "figé", le pas de ce réseau est dans tous les cas égal à la longueur d'onde acoustique λ. On lève ainsi l´éventuelle ambigüité sur l'importance de la structure de l'onde acoustique (onde stationnaire ou onde progressive), quant à l'interprétation des résultats obtenus pour la diffraction acousto-optique »

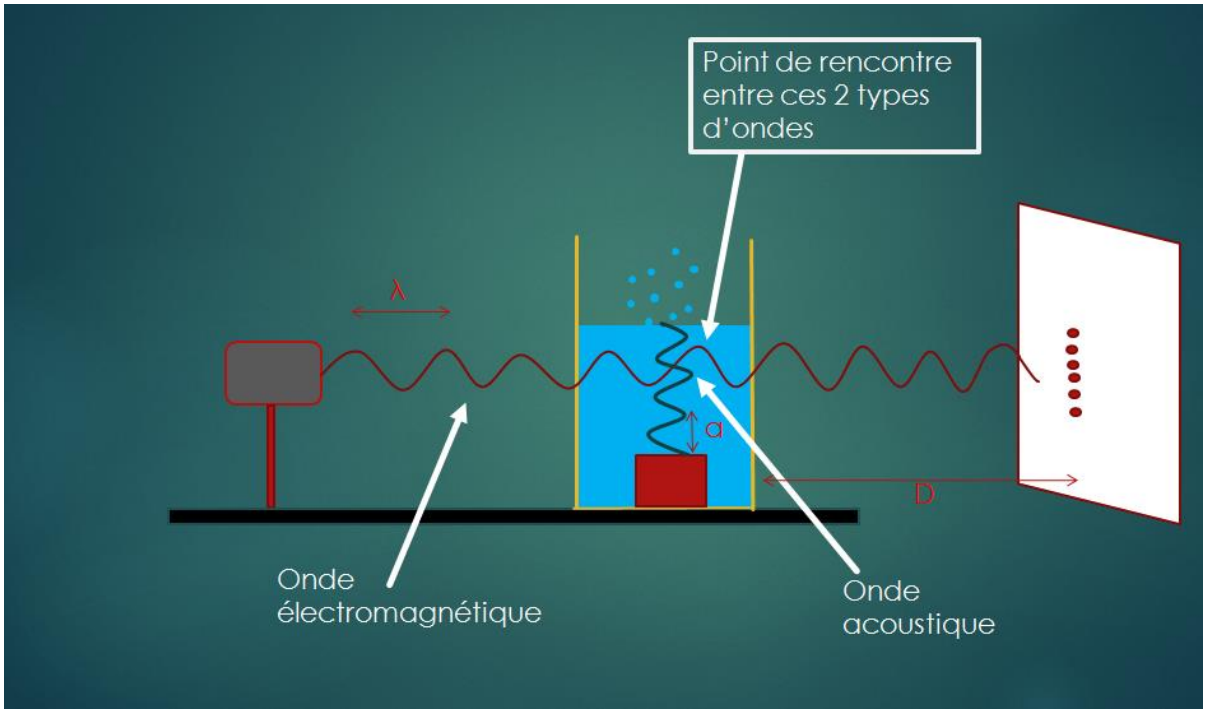


Fig.14

Après avoir mesuré ces franges au tableau, nous pouvons maintenant calculer le « pas » de l'onde ultrasonore, ce pas correspondant à sa longueur d'onde λ .

$$\lambda = \frac{\Lambda.D}{i}$$

Où Λ est la longueur d'onde du laser, D la distance entre l'onde ultrasonore et la surface de projection et i la distance entre 2 franges.

$$\lambda = \frac{6{,}4.10^{-7}.2{,}43}{15.10^{-2}} \qquad \boldsymbol{\lambda = 1{,}0.10^{-3}\ \mathrm{m}}$$

Calcul de l'incertitude :

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{\Delta\Lambda}{\Lambda} + \frac{\Delta D}{D} + \frac{\Delta i}{i} \qquad \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{20.10^{-9}}{6{,}4.10^{-7}} + \frac{1.10^{-2}}{2{,}43} + \frac{0{,}1.10^{-2}}{15.10^{-2}} \qquad \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = 4\ \%$$

Soit f la fréquence de l'onde ultrasonore et c sa célérité dans l'eau (c = 1480 $m.s^{-1}$)

c = λ. f d'où f = c/λ f =1480 / 1,0.10^{-3} **<u>f = 1,5 MHz</u>**

La valeur obtenue est celle de la fréquence de l'onde, et donc celle à laquelle fonctionne le transducteur.

<u>Deuxième expérience</u>

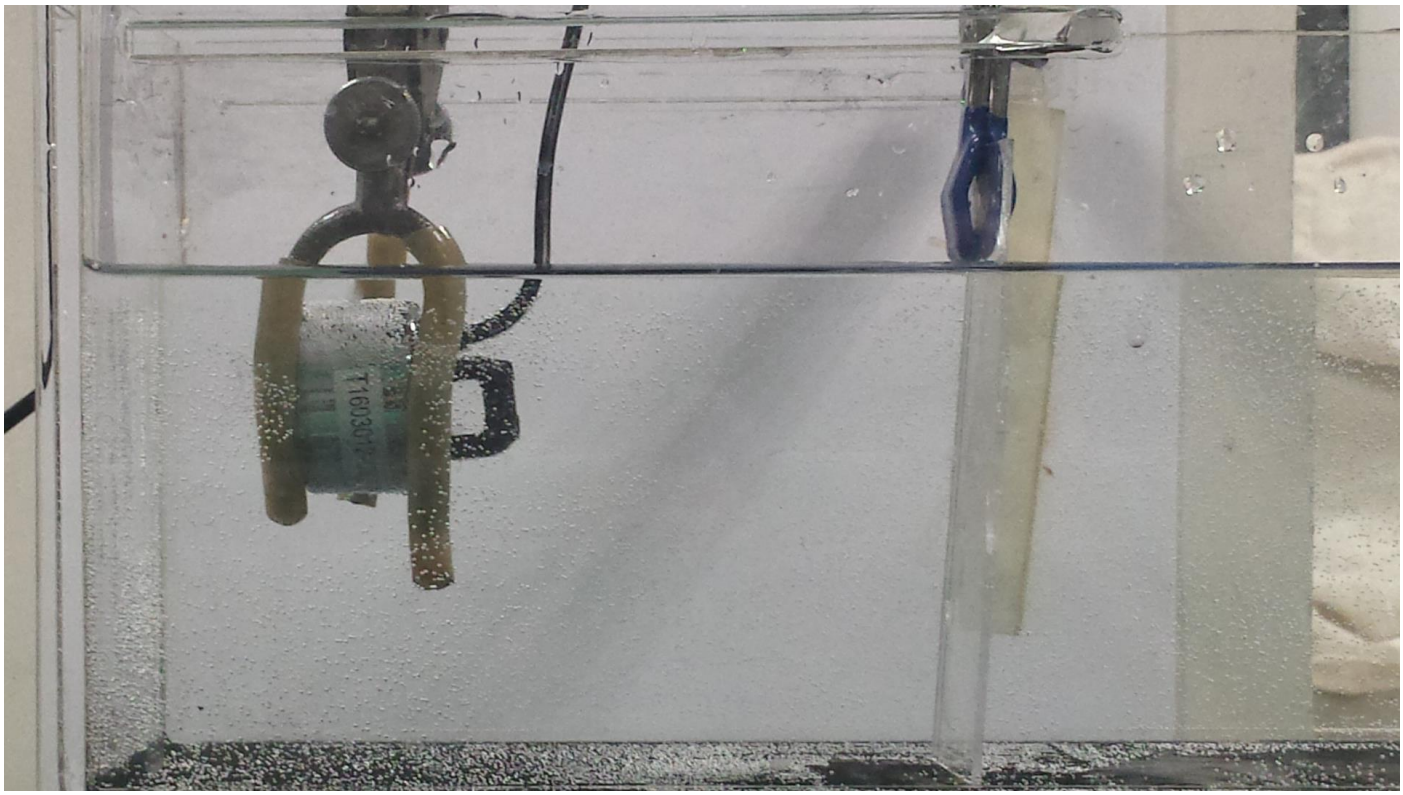
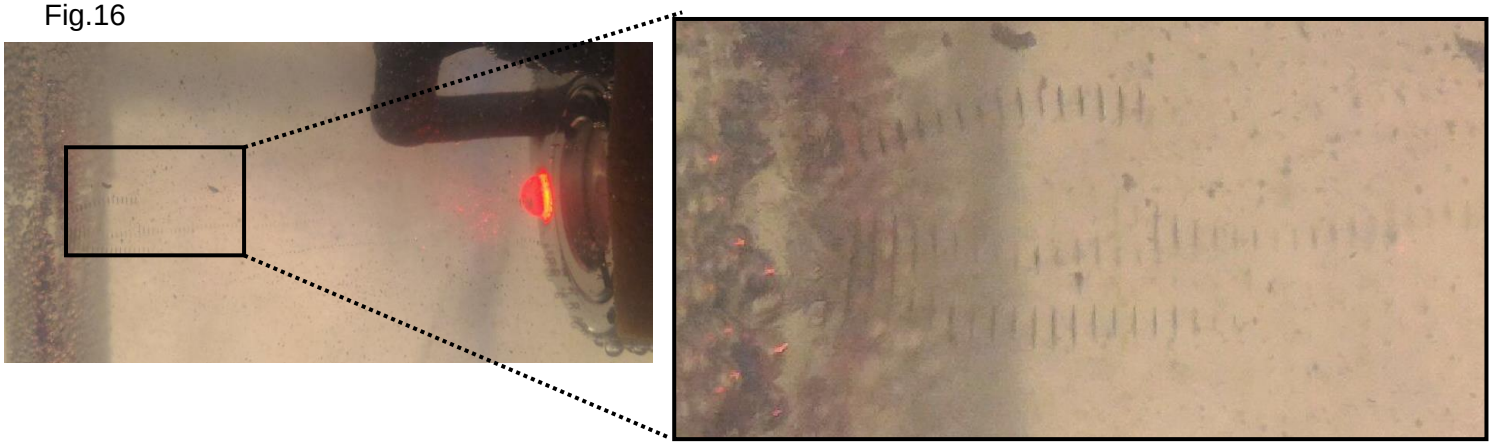


Fig.15

Nous positionnons le Mistmaker de façon à ce que l'onde ultrasonore se propage horizontalement (pour éviter les perturbations dues à la surface de l'eau) puis nous mettons de la poudre d'oxyde de cuivre dans l'eau et nous observons :

Fig.16



La poudre s'accumule dans les zones de basse pression, on visualise donc les nœuds de l'onde stationnaire. (Cette expérience peut être mise en relation avec le mécanisme mis en place pour faire léviter des objets) [10]

Nous mesurons alors la distance d entre deux nœuds consécutifs, qui correspond à une demi longueur d'onde.

d = 0,45 mm d'où λ = 0,90 mm.

c = λ.f d'où f =c/ λ f= $1480/0{,}90.10^{-3}$ **f = 1,6 MHz**

Ce résultat est cohérent avec celui de la première expérience.

Nous observons de plus un phénomène remarquable :

La plaque de plexiglass a fondu au point de réflexion de l'onde. Il semblerait (fig.17) qu'elle se focalise en ce point comme on a pu le vérifier dans cette étude. [9]

Nous avions déjà remarqué qu'en plaçant le doigt dans l'eau en face du Mistmaker, nous ressentions une vive douleur. Ce danger n'est pas signalé dans la notice.

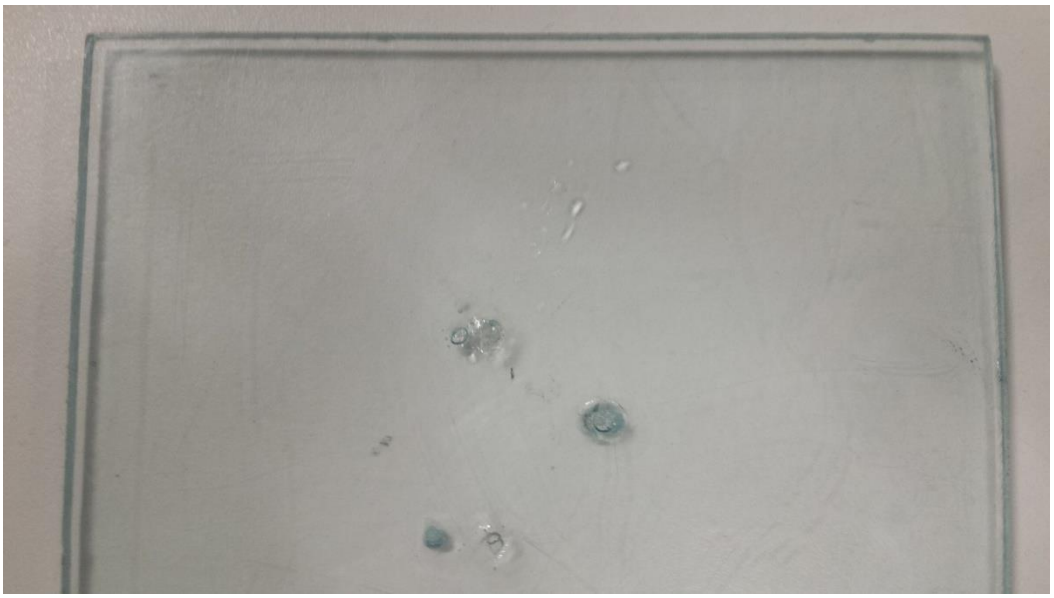


Fig.17

4.2 Instabilités de Faraday

Lorsqu'une couche de fluide est soumise à des vibrations verticales d'amplitude suffisante, la surface du fluide se déstabilise et l'on observe la formation d'un réseau d'ondes de surface stationnaire : c'est l'instabilité de Faraday. [3]

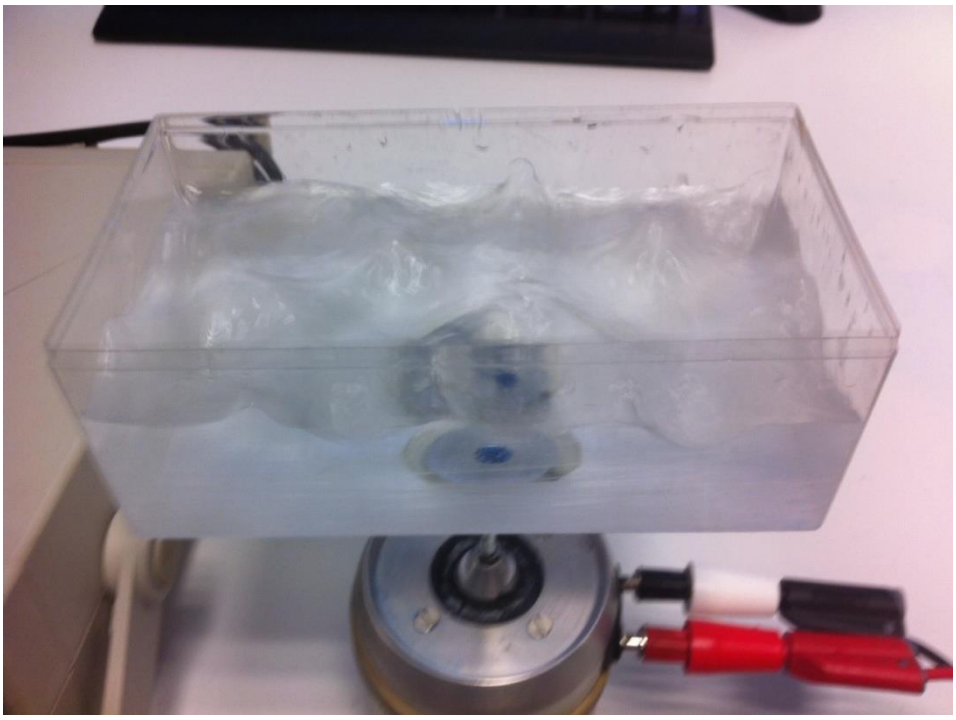


Fig.18

Depuis sa découverte en 1831, l'instabilité de Faraday a été largement étudiée dans les fluides simples. Comme le montre le schéma ci-dessous, cette instabilité est caractérisée par l'existence d'une accélération critique **ac** au-dessus de laquelle le système sélectionne une longueur d'onde **λc** .

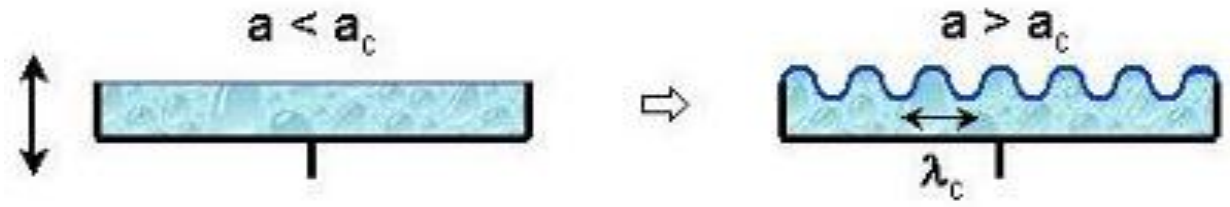


Fig.19

Lorsque la fréquence propre du système est atteinte, une augmentation progressive de l'amplitude de l'excitation entraîne un étirement des crêtes des ondes jusqu'à leur rupture qui provoque alors le détachement de gouttelettes.

Remarque : nous nous sommes rendu compte que pour des multiples entiers de cette fréquence propre, on observait à nouveau le phénomène, avec un plus grand nombre de motifs.

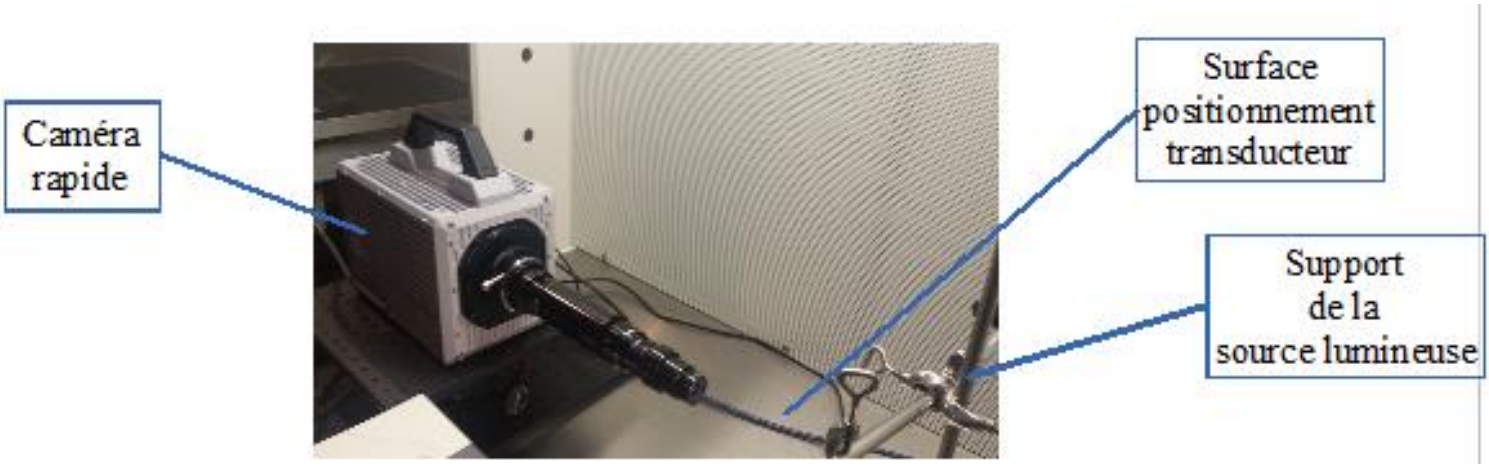
Il semble possible que l'éjection de gouttes résultant de ces instabilités de Faraday soit à l'origine de la production de brume par le Mistmaker. [4]

4.3. Création de la brume

Nous allons au LMA du CNRS à Château-Gombert, afin de filmer à l'aide d'une caméra rapide et à un fort grossissement la production de brume.

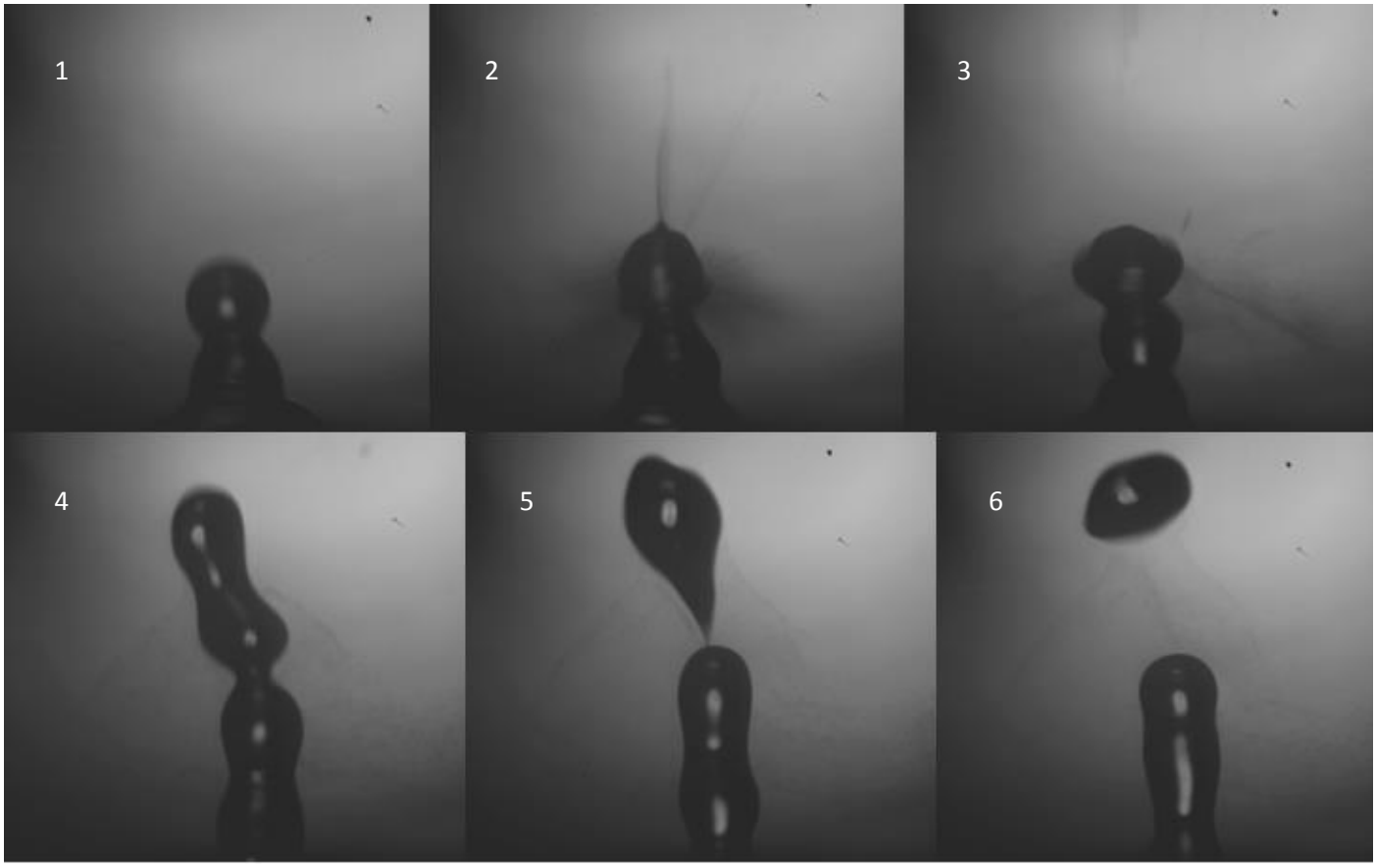
-On place un contenant rond sur la surface plane où l'on posera la caméra,
-On remplit ce récipient pour que la surface de l'eau soit à ½ cm du bord,
-On positionne le Mistmaker dans le fond du récipient en faisant en sorte que le câble d'alimentation n'obstrue pas le visionnage,
-On place la caméra rapide dans l'alignement de la surface de l'eau (grâce à l'élévateur) et avec un champ de vision au-dessus du Mistmaker,
-On paramètre la caméra sur l'ordinateur à : 30 fps, 8000 images/s et une durée d'acquisition de 1s (pour limiter le nombre d'images à visionner),
-On place une lumière en hauteur qui éclaire la surface de l'eau sans autant que celle-ci n'éblouisse l'objectif, on appuie sur l'interrupteur pour allumer le Mistmaker,
-On enclenche aussitôt l'acquisition, on attend 1s puis on éteint le transducteur,
-On effectue le visionnage.

Fig.20



Observations

Fig.21



Sur les photos ci-dessus, nous pouvons observer l'effet du transducteur sur la surface de l'eau.

1 : Un dôme se crée à la surface de l'eau et devient une colonne qui monte verticalement.

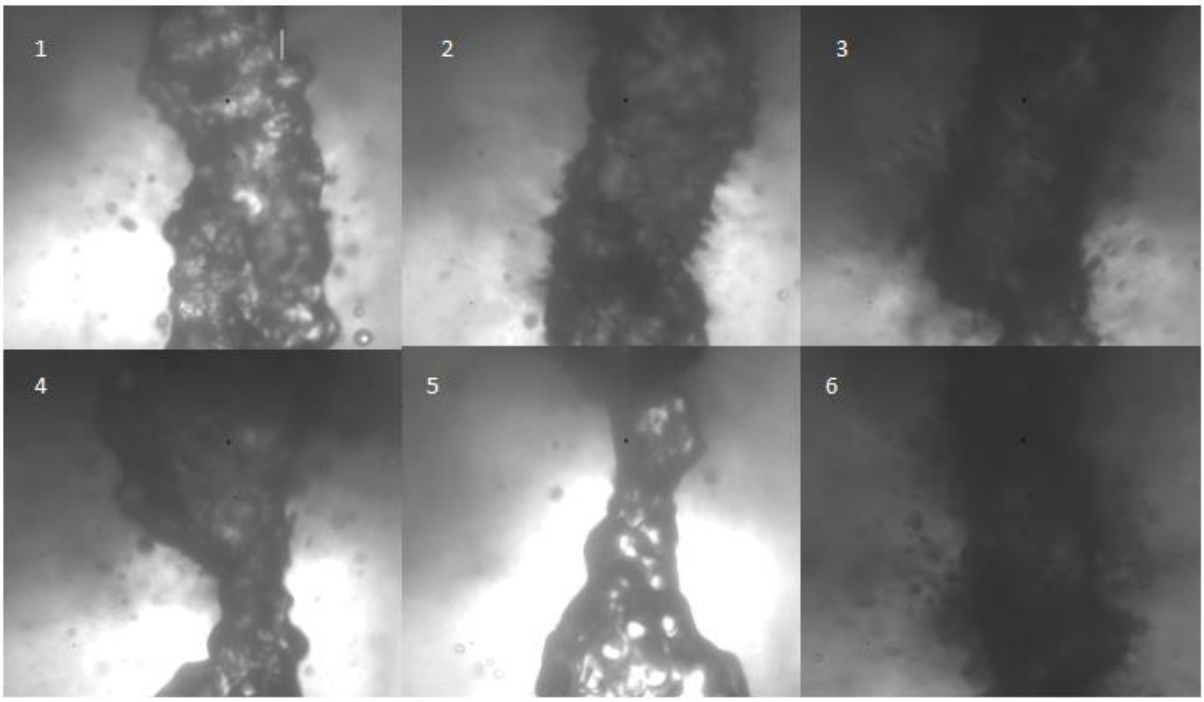
2 : Nous pouvons observer 3 éjections, une verticale et 2 latérales.

3 : Les microgouttelettes se diffusent, créant la brume.

4, 5, 6 : La colonne continue à monter et se divise.

Les photos précédentes ont été réalisées avec le transducteur fonctionnant à faible puissance.
A la puissance maximale, la colonne d'eau est beaucoup plus large et chaotique.
On observe des éjections explosives, à intervalles relativement réguliers.

Fig.22



3 et 6 : explosions de la colonne à intervalles de temps de l'ordre du centième de seconde.

Conclusion

Les photos 2 (fig.21) et 3 et 6 (fig.22) présentent un très grand intérêt pour nous. En effet, les éjections et les explosions observées produisent des microgouttelettes de l'ordre du µm [3] qui constituent la brume produite par le Mistmaker.

Nous aimerions comprendre la cause de ces éjections. Nous n'avons pas trouvé d'explications dans les publications consultées. Une seule étude [8] propose une hypothèse à partir de la cavitation.

Il faudrait visualiser les bulles de cavitation pour valider cette hypothèse. Les images que nous avons obtenues jusqu'à présent ne le permettent pas car nous avons éclairé les gouttes de l'extérieur. Nous essayons maintenant d'éclairer la colonne d'eau de l'intérieur et sommes très impatients de retourner au laboratoire de mécanique et acoustique du CNRS à Château-Gombert !

En conclusion, il semble donc possible que la production de brume soit due à la fois à des instabilités de Faraday mais aussi au phénomène de cavitation.

B- Désalinisation

Parallèlement à l'étude précédente, nous nous sommes intéressés aux utilisations courantes du Mistmaker :

- Augmentation de l'hygrométrie,
- Bouturage optimum,
- Evite le développement des moisissures,
- Absorption foliaire.

Nous nous sommes alors demandé si nous ne pouvions pas trouver une autre application. L'idée nous est venue quand nous faisions les mesures du débit en fonction de la température avec de l'eau du robinet. Voulant faire varier un autre paramètre, nous avons pensé à essayer différents liquides, dont l'eau salée. Et si l'eau brumisée était désalinisée ? L'application pourrait répondre alors à un enjeu planétaire !! ☺

1. Influence de la température sur le débit

On utilise le même protocole que pour l'eau douce mais en remplaçant cette fois- ci l'eau douce par de l'eau salée.

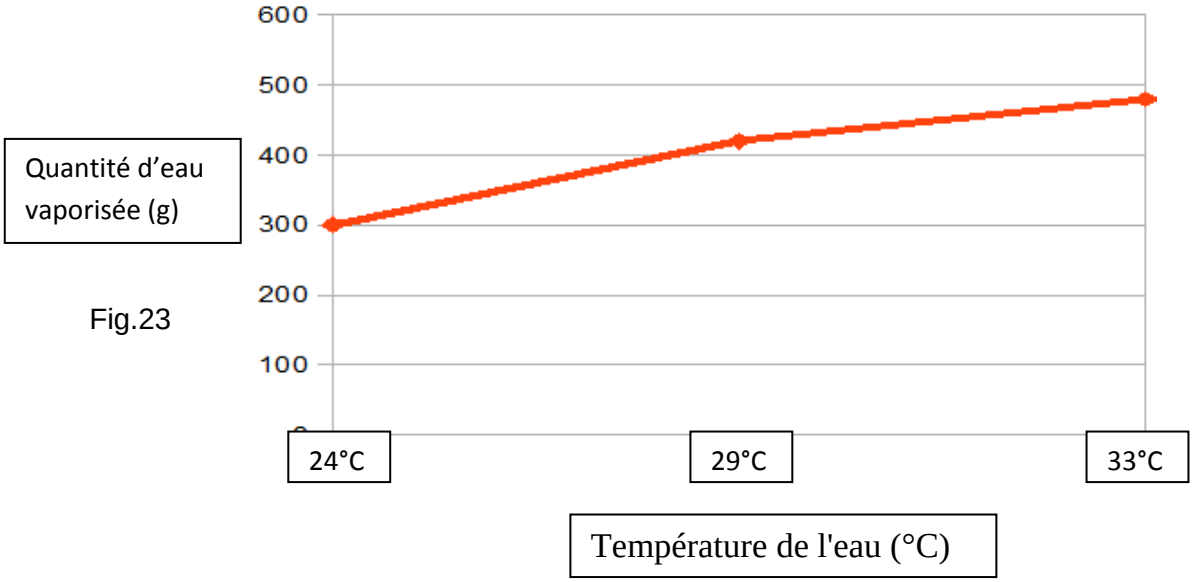


Fig.23

Comparaison

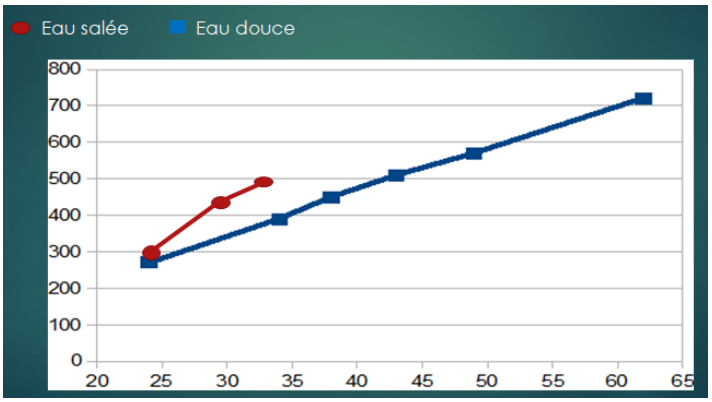


Fig.24

On peut voir, que ce soit pour l'eau douce ou pour l'eau salée plus la température de l'eau augmente, plus la quantité d'eau brumisée est importante.

Néanmoins il y a une différence visible entre les deux courbes :

La courbe d'eau salée croit plus fortement que l'eau douce c'est à dire que de 24° à 33° on aura pour :

-L'eau douce une croissance de 100 g/heure pour le flux de gouttes éjecté

- L'eau salée une croissance de 180 g/heure pour le flux de gouttes éjecté

On peut dire que l'eau salée est plus intéressante car le flux de goutte éjecté est plus important que l'eau courante lorsque l'on augmente la température.

2. Mesure de la salinité de l'eau brumisée

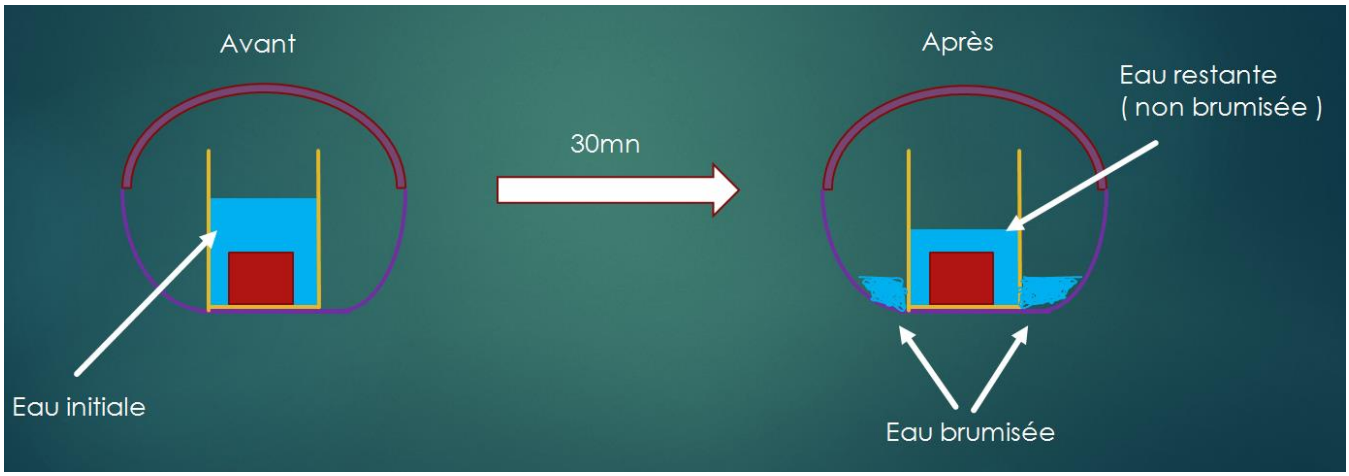


Fig.25

Nous avons récolté l'eau brumisée à l'aide de deux bassines, puis mesuré la salinité des deux eaux par deux méthodes, la conductimétrie et la méthode de Mohr.

Nous commençons par la conductimétrie : les résultats ne sont pas probants.

Nous utilisons ensuite la méthode de Mohr pour doser les ions chlorures contenus dans les différentes solutions utilisées.

Nous préparons tout d'abord une solution d'eau salée de concentration molaire connue, Ci = 0,54mol.L^{-1}
Nous brumisons cette eau durant 30 minutes, en récupérant séparément l'eau brumisée Vb et l'eau restante Vr à l'aide de deux bassines.
Nous prélevons 10 mL de chacune de ces solutions et la diluons 10 fois.
Nous versons 10 mL d'une de ces solutions diluées dans un bécher.
Nous y rajoutons quelques gouttes de bromate de potassium.
Nous plaçons au dessus une burette remplie d'une solution aqueuse de nitrate d'argent.
Tout en mélangeant, nous versons lentement le nitrate d'argent dans la solution à doser.
Les ions Ag2+ réagissent avec les ions Cl- : un précipité blanc qui noircit à la lumière se forme.

Quand tout les ions Cl- ont réagi avec les ions Ag2+, il y a équivalence. A ce moment, les ions Ag2+ réagissent avec le bromate de potassium, ce qui va former un précipité rouge.
Nous fermons la burette et mesurons la quantité de nitrate d'argent utilisée.
A partir de cette mesure, nous pouvons calculer la concentration molaire en ions chlorure présents dans les différentes solutions.
Pour l'eau brumisée, nous avons calculé : Cb=0,53mol/L
Pour l'eau restante, nous avons calculé : Cr= 0,55mol/L

L'écart entre les différentes concentrations n'étant pas significatif, nous pouvons dire que la brumisation directe n'a pas d'influence sur la quantité de chlorure de sodium dans l'eau.

We are so disappointed ! ☹

Le problème est que la brume est formée de microgouttelettes, qui contiennent toujours autant de sel car elles sont trop grosses.

3. Montages de désalinisation

Nous essayons alors d'imaginer d'autres systèmes plus performants en combinant la brumisation et la vaporisation.

3.1 Aquadome

Nous avons entendu parler d'un système utilisé en mer pour transformer l'eau salée en eau potable. Ce système s'appelle l'aquadôme.

Il s'agit d'un cône de plastique transparent qui flotte sur l'eau salée. L'eau, chauffée par les rayons du soleil et par la chaleur ambiante va se vaporiser, puis se condenser sur les bords pour glisser le long de la paroi et arriver dans les rigoles tout autour du dôme, qui peut ensuite être récupérée et bue. Le constructeur précise que dans les meilleures conditions, ce système peut produire jusqu'à 300 mL d'eau par heure.

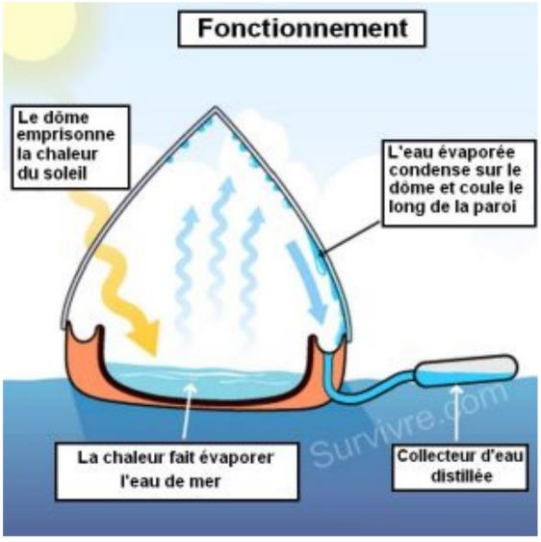


Fig.26 Fig.27 Fig.28

Ce système nous a beaucoup intéressés. Nous avons eu l'idée d'y mettre un brumisateur en marche, pour permettre à l'eau de se vaporiser plus vite et ainsi d'avoir bien plus d'eau douce produite.

Nous avons pu faire une reproduction du système au lycée, en remplaçant les rigoles par une bassine qui en contenait une autre plus petite pour permettre à la brume vaporisée et condensée d'être séparée de

l'eau salée. Pour remplacer les rayons du soleil, nous avons mis des lampes très puissantes qui chauffaient ainsi la brume dans le système.

Notre idée était d'augmenter le débit tout en préservant l'autonomie du système à l'aide de panneaux solaires.

Le dosage à l'aide de la méthode de Mohr de l'eau récupérée montre une légère désalinisation, de l'ordre d'un tiers.

La piste semble cependant prometteuse, et nous envisageons on nouveau système.

3.2 Premier montage

Nous avons construit un système comprenant 3 parties distinctes :

- La première partie avec le brumisateur afin de fragmenter l'eau en microgouttes ;
- Ensuite le système fait s'évaporer les gouttelettes d'eau en vapeur afin de les purger du sel qu'elles contiennent ;
- Enfin il les fait se condenser grâce à un système de refroidissement.

Le système est alimenté par deux générateurs de tension continu, un pour alimenter un ventilateur afin de créer un courant d'air dans le montage et un autre pour alimenter les résistances (17V ; 2.2 A). Le brumisateur est quant à lui branché sur une prise secteur (220 V ; 50 Hz).

Fig.29

Ce premier montage ne donne pas un rendement suffisant pour analyser l'eau obtenue.

3.3 Deuxième montage

Fig.30

Ce montage semble beaucoup plus prometteur, les mesures sont en cours

Conclusion

Le Mistmaker est un petit objet peu coûteux, et pourtant il renferme beaucoup de physique !

Son étude nous a conduit en effet à explorer de nombreux domaines : piézoélectricité, condensateur, onde acoustique, optique géométrique et ondulatoire, thermodynamique, mécanique des fluides.

Il existe encore une incertitude sur le mécanisme de formation de la brume avec notamment l'hypothèse de la cavitation que nous allons étudier dans les semaines qui nous restent.

Enfin nous avons peut-être trouvé au Mistmaker une nouvelle application, la désalinisation, sur laquelle nous continuons à travailler.

BIBLIOGRAPHIE

[2]- Investigations into ultrasound induced atomization :
Kiran. A. Ramisetty, Aniruddha. B. Pandit, Parag. R. Gogate

[3]- Transient high-frequency ultrasonic water atomization
F. Barreras, H. Amaveda, A. Lozano

[4]- Atomisation d'un film liquide mince par action combinée des instabilités de Kelvin-Helmholtz et de Faraday
Marie halo

[5]- Etude d'un film liquide soumis à l'instabilité de Faraday
Henri GARIH

[6]- http://www.physique.ens-cachan.fr/laboratoire/experiences/fichiers/acousto.pdf

[7]-http://poisson.ens.fr/Collection/documents/annexes/N197.pdf

[8]-https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4428615/

[9]- http://www.uvt.rnu.tn/resources-uvt/cours/controle/Chapitre-7/Sous-section-1-1-4.html

[10]-http://www.odpf.org/images/archives_docs/23eme/memoires/EquipeA/memoire.pdf