

Posters dipha 2012-2013

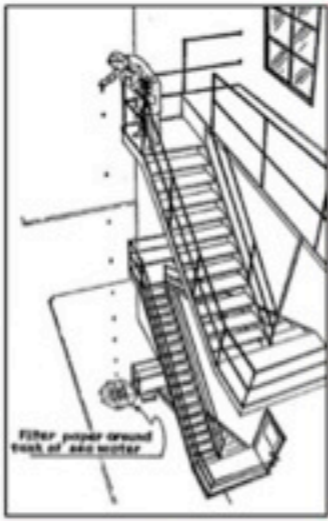
Première version

Que se passe-t-il lorsqu'une goutte d'eau tombe et atteint la surface de l'eau ?

Lors de son impact avec une surface d'eau, une goutte de pluie crée des bulles d'air ainsi que de nombreuses gouttes annexes qui viendront impacter par la suite la surface.

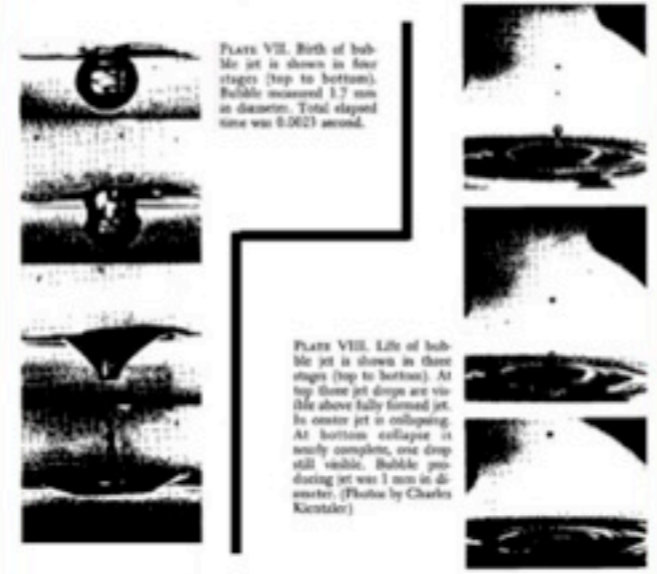
Mr Blanchard et son collègue Ted Spencer ont cherché à mettre en évidence ce phénomène et à en obtenir son côté quantitatif. Pour cela, ils ont mis en place une expérience simple qui consiste à lancer des gouttes de différentes tailles du haut d'un escalier dans un récipient rempli d'eau.

Cette expérience permet de montrer qu'une goutte de 5mm produisait lors de l'impact environ 300 bulles de taille inférieure à 100 microns (pour la plupart) et plus de 1000 gouttes secondaires, celles-ci créant à leur tour environ 2000 bulles.



Mécanisme de formation de la bulle

Afin de mettre en évidence le phénomène de formation d'une bulle, Mr Kertész a mené une expérience assez simple. Elle consiste à éclairer des bulles quand elles se cassent puis à exploiter les photos grâce un appareil permettant de filmer le phénomène avec une résolution importante. La technique vise à démarrer la « vidéo » juste avant que la bulle ne se casse à l'aide d'une caméra à 3000 images par seconde.



Formation du « Bubble Jet »

Lorsque la bulle éclate, elle crée un « bubble jet ». Il s'agit d'une succession de gouttes alignées verticalement propulsées vers le haut à une hauteur pouvant atteindre plusieurs centimètres.

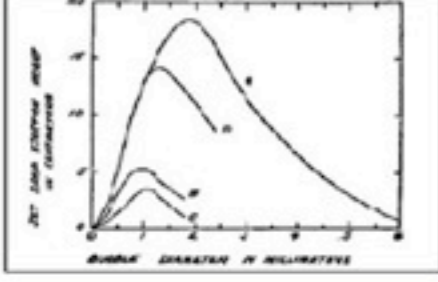
Ces gouttes sont formées de la même manière que pour un écoulement vers le bas. En effet, la tension superficielle fait que le « jet d'eau » produit par l'explosion de la bulle va se découper successivement en plusieurs gouttes sphériques afin d'optimiser la surface à l'interface.

Une fois que les gouttes ont atteint leur point culminant, elles redescendent simplement par gravité pour venir frapper la surface de l'eau à nouveau.



Hauteur des gouttes

La hauteur des gouttes varie en fonction de la taille de la bulle, celle-ci dépendant elle-même de la goutte originelle. On peut voir sur le graphique ci-dessous représentant les mesures expérimentales faites que, jusqu'à un certain seuil, plus la bulle est grosse plus la hauteur sera importante. Les courbes A, B, C et D représentent respectivement le comportement des différentes gouttes au sein d'un même jet.



Interprétation de l'expérience

Quand une goutte atteint la surface de l'eau, une colonne verticale d'eau, plus large en bas qu'en haut et ressemblant donc à une Tour Eiffel, se forme mais retombe rapidement au niveau de la surface d'eau. La naissance de la bulle peut être observée sur la figure 7 ci-contre (PLATE VII). Sur l'image du haut, nous pouvons apercevoir une bulle de 1,7 mm de diamètre juste avant son éclatement. La ligne noire horizontale que nous voyons au-dessous de la bulle est la surface de l'eau. Sur la seconde image, prise un millième de seconde plus tard, la bulle se casse et nous avons un phénomène d' « étranglement ». Sur la troisième image, nous remarquons une forme coriçue et la quatrième image, prise 2,3 ms après la première image, montre clairement le jet qui apparaît soudainement. Nous apercevons aussi que deux gouttes se forment en haut du jet.

Vitesse des gouttes

La vitesse des gouttes dépend aussi de la taille de la bulle. Cependant, celle-ci est d'autant plus grande que la taille de la bulle est petite. Cela est dû à leur inertie. En effet, plus une goutte sera petite plus son inertie sera faible et plus le rapport inertie sur tension superficielle sera faible. Elle pourra donc être propulsée plus rapidement. Sa faible inertie explique aussi la faible hauteur car les effets de frottement visqueux amortiront sa vitesse tout aussi rapidement.



Mettre le nom des auteurs.
 La présentation est bonne.
 Le paragraphe «Hauteur des gouttes» n'est pas clair du tout, à reformuler.
 De même pour «Vitesse des gouttes».
 Il faudra bien expliquer ce qui est représenté sur le graphique en bas à gauche, c'est votre seul élément quantitatif.

Forme des gouttes de pluie

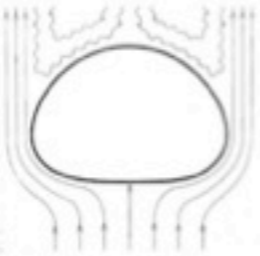


Une idée très répandue est celle de gouttes de pluie en forme de larmes. Un équilibre des forces sur la goutte montre que cette forme n'est pas admissible.

Fig. 1 Vue d'artiste de la goutte de pluie

Efforts sur une goutte

La forme d'une goutte de pluie est déterminée par l'interaction entre les forces hydrostatique, aérodynamique et de tension de surface.



La pression hydrostatique sur une surface est due au poids de la colonne de fluide située au dessus. La pression aérodynamique dépend de la forme de la goutte, de la vitesse et de la densité de l'air: sa valeur est maximale sur la base de la goutte et minimale sur les cotés. Elle tend donc à aplatir la goutte. La tension de surface est une force par unité de longueur qui tend à réduire l'interface entre deux fluides. Cette dernière tend à rendre la goutte sphérique (pour laquelle, elle a un minimum d'énergie).

Fig. 1 Ecoulement autour d'une goutte

Petites gouttes

Les bulles de diamètre inférieur à 2 mm sont sphériques: plus les gouttes sont petites, plus l'effet de la tension de surface est dominant. En augmentant la taille de la goutte, les efforts de tension de surfaces ont de plus en plus de mal à compenser les autres forces, on observe donc une déformation de la zone frontale de la goutte (au niveau des points d'arrêts).



Fig. 2 Chute de gouttes d'eau (Choji Magono, Yokohama National University)



< 2 mm > 2 mm < 5 mm
 La tension de surface >> les efforts de destruction La tension de surface ~ les efforts de destruction La tension de surface << les efforts de destruction



Fig. 3 Chute d'une goutte de lait (*The Shape Of Raindrops*, James E. McDonald)

Evolution d'une goutte ayant la forme artistique

Eclatements des grosses gouttes

Elle concerne des gouttes de taille supérieure à 5 mm de diamètre. Il existe plusieurs types d'éclatement de gouttes produisant d'une dizaine à quelques centaines de gouttes mais la physique de ce phénomène n'est pas encore bien comprise.



Fig. 4 Eclatement d'une goutte d'eau (*From Raindrops To Volcanoes*, Dunca C. Blanchard)

Sources: *From Raindrops to Volcanoes*, Duncan C. Blanchard
Wikipédia

The Shape Of Raindrops, James E. McDonald

Boite «Petites gouttes»: Quel est le paramètre qui varie pour les quatre photos à droite?
 Quels sont les «efforts de destruction»?
 Ce serait bien d'avoir un élément quantitatif dans votre poster: un graphique par exemple.

Gas Influence in Drop Impact on a Dry Solid Surface

Zhen Jian^{a)}, Christophe Josserand^{*}, Stéphane Popinet^{**}, Pascal Ray^{*} & Stéphane Zaleski^{*}

a)E-mail: jian@dalembert.upmc.fr

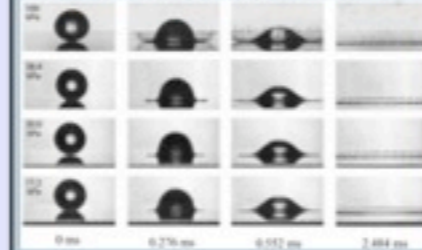
^{*} Institut D'Alembert, CNRS & UPMC (Paris VI), UMR 7190, case 162, 4 place Jussieu, 75005 Paris, France

^{**} National Institute of Water and Atmospheric Research, P.O. Box 14-501, Kilbirnie, Wellington, New Zealand



Summary

Drop impact performance differs on changing the density or viscosity of surrounding gas. At $Re = 9350, We = 1468$, for a contact angle of 90° , the splash can be suppressed for small gas density or viscosity and a frontier exists between splash and non-splash. A jet, which originates the splash, is already formed over the gas layer before the drop/solid contact. Gas is crucial to splash formation.



*Zhen Jian, Pascal Ray, P. R. S. 14-04553, 140102

Introduction

Drop impact is a common natural phenomenon and is related to many industrial applications as cooling, ink jet printing and atomization. The physical process can be simplified as that a drop impacts onto a solid surface, which is triphasic dynamics. At an important impact velocity, a splash can be observed. Many studies were focused on liquid or solid phase. Recent experimental research proved the importance of gas to splash [1].

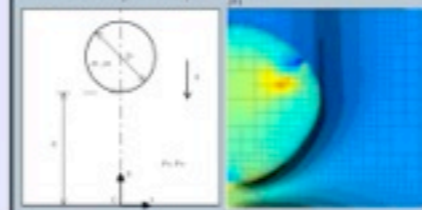


Physical Model

The Navier-Stokes equation considering gravity and surface tension is set:

$$\rho \frac{d\mathbf{u}}{dt} = -\nabla p + \mu \Delta \mathbf{u} + \rho \mathbf{g} + \sigma \kappa \mathbf{n} \quad (1)$$

The problem is solved in axisymmetric and dimensionless form by a code - Gerris[2]. The Reynolds number and Weber number of liquid are defined as $Re = \frac{\rho_l U D}{\mu}$, $We = \frac{\rho_l U^2 D}{\sigma}$. To describe gas influence, two dimensionless numbers are introduced: density ratio $\alpha = \frac{\rho_g}{\rho_l}$ and viscosity ratio $\beta = \frac{\mu_g}{\mu_l}$.

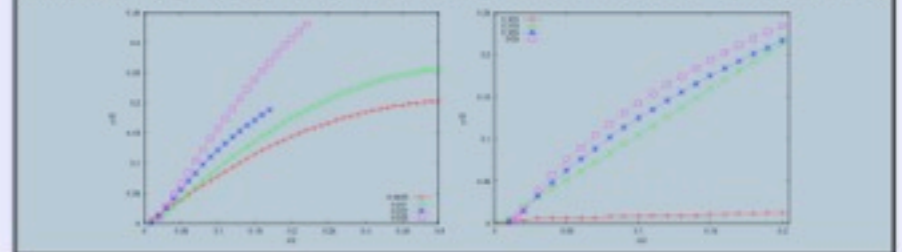


References

- [1] Xu L, Zhang W, Xu J, et al. Drop splashing on a dry smooth surface. *J. R. Soc. Open Sci.* 2014.
- [2] Popinet S. An accurate adaptive solver for surface-tension-driven interfacial flows. *J. Comput. Phys.* 2009;230:5863-89.
- [3] Li J. et al. Effect of surrounding gas on interfacial tension between two immiscible fluids. *J. R. Soc. Open Sci.* 2015;2:150110.

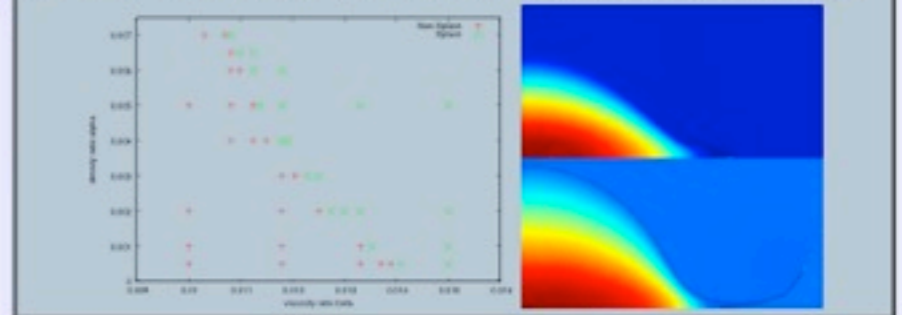
Influence of Gas Density and Viscosity

To study gas effect to splash formation, we keep liquid properties constant and vary only gas density or viscosity. For gas density, we fix viscosity ratio β at 0.05 and consider density ratios $\alpha = 0.005, 0.001, 0.002, 0.005$. We find that as gas density decreases, the jet gets lower shown in Fig. For gas viscosity, we fix density ratio α at 0.001 and consider viscosity ratios $\beta = 0.005, 0.015, 0.025, 0.05$. A transition from splash to non-splash is observed as gas viscosity decreases.



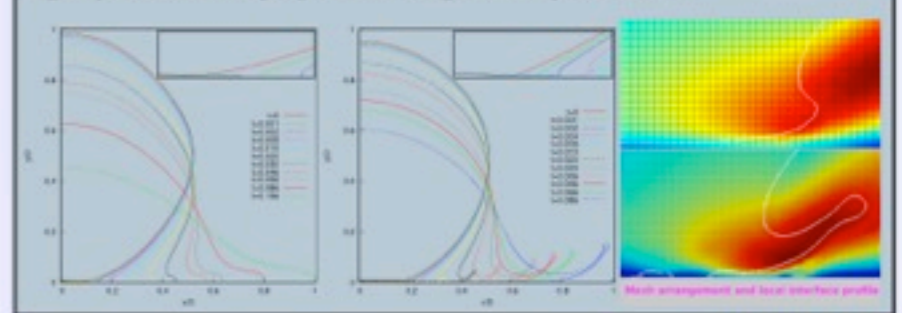
Frontier between Splash and Non-Splash

After a series of simulations, it is found that a frontier exists between splash and non-splash (see Fig.), a transition between the two impact states is observed by changing gas density or viscosity.



A Mechanism for Splash Formation

For $\alpha = 0.001$, as the drop approaches the substrate, the gas layer decelerates and deforms the interface, then a gas bubble will be entrapped under the drop. For a small viscosity ratio $\beta = 0.005$, no jet is formed and the drop will contact the substrate very quickly. The liquid sheet does not detach from but spreads on the substrate (see the left Fig.). Whereas, for a big viscosity ratio $\beta = 0.05$, as shown in the inset of the middle Fig., before the contact with substrate, a jet is already ejected. Finally the drop contacts the surface, a series of small gas bubbles are formed and advance towards outside. These cases imply that the gas layer is crucial to splash formation, the lubrication effect dominates in gas layer and causes the jet ejection which originates the splash formation.



Conclusion

In this article, we investigate the gas influence on drop impact and find that drop impact can perform different behaviors only through varying gas properties.

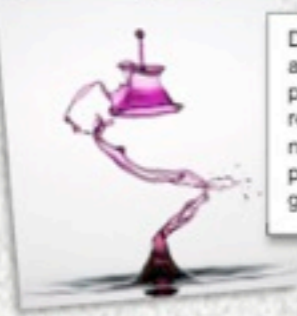
The splash can be suppressed by reducing gas density or viscosity and a frontier exists between splash and non splash.

If there is a splash, a jet is already formed over the gas layer before the "contact". The thin gas layer between drop and solid surface is crucial to splash formation.

We could conclude that the surrounding gas plays an important role in drop impact issue.

Il y a trop d'informations sur ton poster. Tu ne vas pas être capable de nous expliquer cela en 5 minutes. Il faut choisir de faire moins, et de passer plus de temps et de surface sur des images et des résultats plus simples.

Photographier l'ultra rapide : une goutte en chute libre

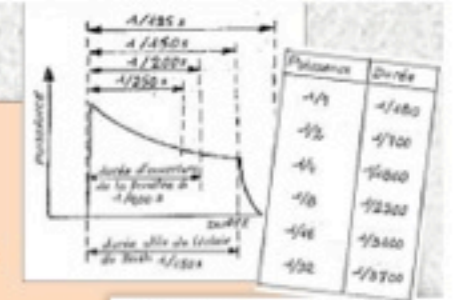


Ducan C. Blanchard disait « We can set up a camera and flash lamp to take a picture of a raindrop as it falls past the camera. But this experiment would be relatively difficult to do. » (p18) . Cependant, la photo numérique et la technique du « open flash » nous permettent aujourd'hui d'observer facilement des goutte en chute libre.



Lancez-vous dans l'open flash ?

Le principe est très simple! L'obturateur mécanique de l'appareil photo est bien trop lent pour permettre de saisir des événements très brefs. Pour que le capteur de votre appareil puisse capturer des images à des temps de pose très courts, il suffit de vous mettre dans le noir total! En effet, imaginons une prise de vue plongé dans le noir, obturateur ouvert pendant plusieurs secondes. D'un coup de flash vous venez éclairer votre sujet. Avec cette technique c'est uniquement la lumière émise par le flash qui intervient dans l'exposition de l'image. Le temps de pose est donc égale à la durée du flash : environ 1/1000 de seconde usuellement.



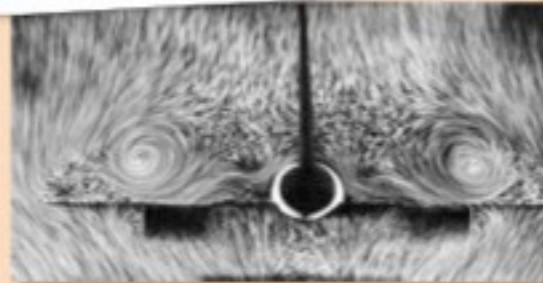
La durée du flash dépend de sa puissance. En choisissant une fraction de la puissance nominale, on fait varier la durée d'exposition

Expérimentation



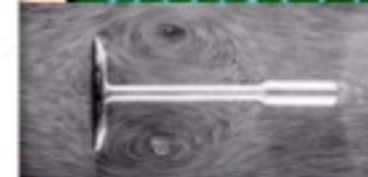
On observe ici différentes phases du phénomène de « bag breakup » décrit par Blancard (p27) . On a ici une goutte de diamètre supérieur à 5mm placée dans un flux d'air vertical simulant la vitesse terminale à 7m/s. Le phénomène complet de gonflement et d'explosion ne dure environ qu'un centième de seconde et chaque image correspond ici à un millième de seconde. Le déclenchement de la photo lorsque la goutte passe devant l'objectif est obtenu grâce à une barrière laser et un retard réglable à 0.00017s près.

Utilisation industriel



PIV des tourbillons marginaux sur concorde

La méthode vélocimétrie par images de particules (PIV) utilise sensiblement le même principe que celui utilisé précédemment pour visualiser le « bag breakup », mais cette fois ci pour étudier des écoulement. Le flash est remplacé à présent par un puissant laser. On obtient ainsi un instantané de la position de fines particule ou gouttelette (100µm) présentes dans l'écoulement. Plusieurs photos très proches temporellement (10^{-4} s) permettent ainsi d'obtenir le champ de vitesse de l'écoulement en observant le mouvement successif des particules.

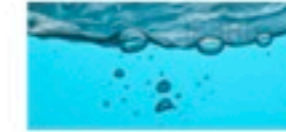


Images : ONERA



OK, il faut du quantitatif sur ton poster: le graphique de quelque chose en fonction de quelque chose, avec si possible des données expérimentales. Pour le moment le seul quantitatif concerne le flash et non la mécanique des fluides. Tu peux comparer le quantitatif du flash avec des temps caractéristiques des phénomènes que tu cherches à capturer.

Que se passe-t'il lorsqu'une petite bulle remonte et atteint la surface de l'eau ?



Ce phénomène est observable sur la surface d'une boisson gazeuse. Mais on le rencontre aussi au niveau des vagues, ayant généralement pour conséquence la présence d'un air salé au-dessus de la mer.

Formation des bulles

- Tube capillaire
- Air et eau
- Bulles de même taille
- Même fréquence de montée

Contact entre la bulle et la surface libre

Rupture du film de la bulle et effondrement



Pré formation du jet

Formation du jet
Pré formation des gouttes

PLATE VII. Birth of bubble jet is shown in four stages (top to bottom).

Top drop
Second drop
Third drop

Séparation du jet en gouttes

• Phase ascendante: énergie cinétique > forces de frottements + poids du à la gravité

• Hauteur maximale atteinte → Les forces se compensent

• Phase descendante → poids du à la gravité

Hauteur d'éjection des gouttes en fonction du diamètre des bulles

Dépend :

- La taille des bulles
- Du type de fluide
- L'ordre de formation des gouttes

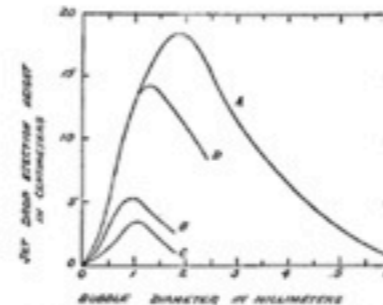
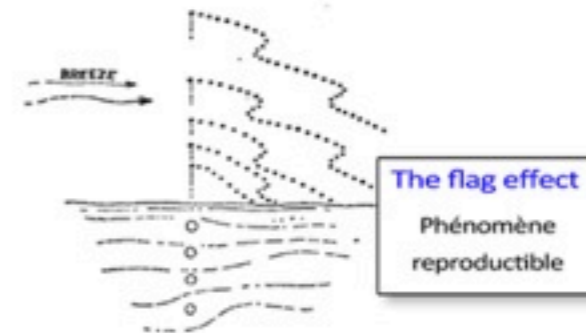


FIG. 17. Ejection heights of jet drops vary with bubble size as shown in these curves, where A, B, and C give heights, respectively, of top, second and third drops. The bubbles are breaking in sea water. Curve D gives height for the top jet drops from bubbles breaking in distilled water.



Quelques ordres de grandeur

Vitesse d'éjection des gouttes:

- Grandes bulles (ϕ 2mm) → $V = 3$ m/s
- Petites bulles (ϕ 70 μ m) → $V = 80$ m/s

réf: From raindrops to volcanoes, Duncan C. Blanchard

OK, est-ce que vous pouvez juste parler aussi du fait que le sel qui est dans ces petites gouttes va se retrouver ainsi libéré dans l'atmosphère sous forme de micro-particules?

Mesure de la distribution des tailles des gouttes de pluie

Kahina HADJAL & Tarek FENGAL



La question sur les gouttes de pluie a été abordée au début du 19^{ème} siècle. En effet, plusieurs personnes s'interrogent sur la forme, la taille ainsi que la distribution des gouttes de pluie. Ainsi, de nombreux protocoles expérimentaux furent développés permettant ainsi la mesure des dimensions des gouttes de pluie. Les données récoltées ont permis de déterminer une approche de mesure de la distribution des tailles de gouttes de pluie.



Figure 2: Méthode de Bentley (granules de farine)

Figure 1: Granules extraits par la méthode de Bentley (montrant différentes tailles de gouttes de pluie)



La 1^{ère} méthode a été étudiée par Bentley entre 1898 et 1904. L'objectif de ses expériences est d'observer la chute des gouttes de pluie sur une fine couche de farine pendant quelques secondes et de mesurer les différents diamètres des granules de farine. Cependant, l'expérience montre que ce procédé n'est valable que pour les gouttes de petites tailles (diamètre inférieur à 1/12 inch). Par exemple, une goutte d'environ 1/6 inch de diamètre donnera un granule de 4/3 sa taille initiale.



Figure 3: Papier absorbant pour la méthode de J. Wiesner (1895)

Dans la seconde méthode, le professeur J. Wiesner (1895) a utilisé le papier absorbant afin de mesurer le diamètre des gouttes de pluie en fonction de la taille de la tâche laissée sur le papier. Le graphique ci-dessous donne la relation entre le diamètre de la goutte correspondant à une tâche donnée. De même que la précédente méthode, le domaine d'utilisation de cette méthode est restreint aux gouttes de petite taille en raison de l'aplatissement des gouttes de grands diamètres.

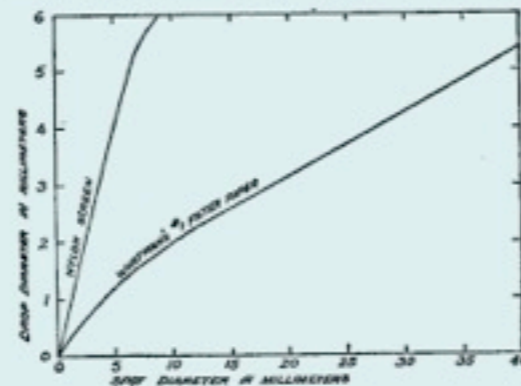


Figure 4: graphique reliant le diamètre des tâches de gouttes de pluie au diamètre réel

Figure 5: Ecran de mesure de Blanchard



La dernière méthode développée par Blanchard donne une approche plus précise pour mesurer la taille des gouttes de pluie. Celle-ci repose sur l'utilisation d'un écran composé de mailles métalliques fines laissant ainsi une indication du passage de la goutte de pluie. Cette méthode a été améliorée par la suite par D. Wallace Howell qui remplaça les mailles métalliques par un tissu en nylon.

Les différentes méthodes développées ont permis de mesurer la distribution des gouttes de la pluie N_D définie comme le nombre N des gouttes de diamètre D dans un m^3 d'air. La formule établie pour le calcul de N_D est la suivante :

$$N_D = \frac{C}{T \times A \times S}$$

T : durée de la mesure

A : section de l'écran

C : le nombre de gouttes de diamètres D

S : la vitesse finale des gouttes (figure 6)

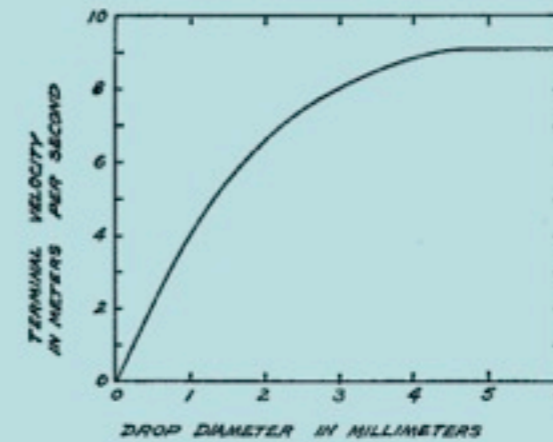


Figure 6: vitesse finale des gouttes en fonction de leurs diamètres

L'étude de la distribution des gouttes de pluie ouvre la porte sur la détermination des mécanismes (vent, intensité, turbulence...) qui expliquent sa variation.

SOURCE : « FROM RAINDROPS TO VOLCANOES » par DUNCAN C. BLANCHARD

OK, est-ce que vous pourrez bien décrire la figure 4: expliquer pourquoi les courbes sont telles qu'elles sont? Est-ce que vous pouvez venir avec de la farine et nous montrer ce qui se passe lorsqu'on fait tomber des gouttelettes?

DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL POUR OBSERVER UNE GOUTTE EN CHUTE LIBRE

Il existe 3 manières différentes pour observer une goutte en chute libre. Tout d'abord, on peut chercher à chuter à la même vitesse que la goutte. Ceci permettrait une bonne observation mais est difficilement réalisable dans la pratique. On peut également choisir un point d'observation fixe et photographier la goutte dans sa chute, le seul problème étant la limite spatiale de l'observation. Enfin, on peut utiliser une soufflerie verticale afin de recréer les conditions de chute libre du point de vue de la goutte tout en permettant à l'observateur de rester immobile, mais il faut alors veiller à ce que l'écoulement autour de la goutte soit proche de l'écoulement lors d'une chute libre réelle. Seules les deux dernières solutions sont présentées ici.

Goutte « immobile » en chute libre

Principe de l'expérience

On crée une soufflerie verticale qui permet de générer un écoulement à la vitesse limite de la goutte (fig.2). De cette manière, la goutte possède une accélération nulle et on peut l'observer de manière prolongée à conditions de s'assurer de conditions de stabilité de la position de la goutte.

Protocole expérimental :

- 1) Fabrication d'un guide pour le flux d'air :
Le guide est constitué d'un tunnel en bois, d'une hauteur de 1,2 m et d'une section carré de 15 cm de côté.
- 2) Élimination des turbulences de l'écoulement initial :
On utilise pour cela 8 grilles au maillage serré (en bleu sur la fig.2) disposées sur toute la longueur du tunnel.
- 3) Réduction de la vitesse du flux au centre du tunnel :
On ajoute 3 grilles circulaires (en rouge sur la fig.2) dans la zone supérieure du tunnel, au centre, afin de stabiliser la position de la goutte.
- 4) Création du flux d'air :
Le flux est créé par un ventilateur centrifuge de 400W
- 5) Implantation de la goutte :
On dépose une goutte dans la partie supérieure du tunnel à l'aide d'une pipette.

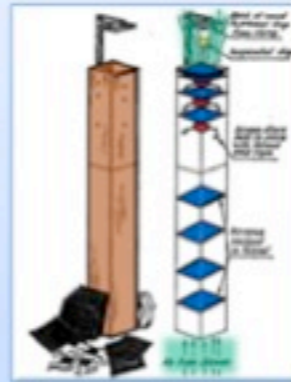


Fig.1 : Dispositif de visualisation d'une goutte en chute libre

Observations :



Bien que dans la pensée commune la forme d'une goutte est celle d'une larme, l'expérience prouve que les gouttes de petite taille (moins de 2mm de diamètre) prennent la forme d'une sphère quasi parfaite alors que celles de taille plus importantes (jusqu'à 6mm de diamètre environ) sont aplatis sur le dessous et bombées sur le dessus (forme de hamburger, voir fig.3). La forme de larme est instable comme le montre la fig.4.

C'est l'équilibre, variable selon la taille de la goutte, entre la tension de surface, les forces hydrostatiques et les forces aérodynamiques qui donne lieu à ces différentes formes. Les gouttes de tailles supérieures à 8mm environ ne sont pas stable en chute libre : elle sont détruites, suivant des mécanismes variables, pour donner naissance à d'autres gouttes plus petites.

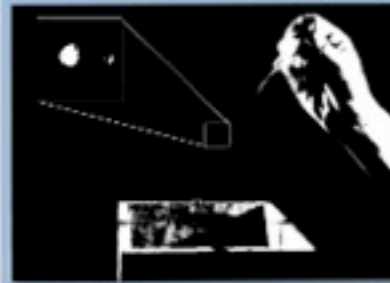


Fig.3 : Visualisation d'une goutte en suspension



Fig.4 : Évolution de la forme d'une goutte en partant d'une forme de larme.

En observant la décomposition d'un processus de destruction d'une goutte (Fig.5), on met en évidence plusieurs étapes de destruction de la goutte initiale.

Elle se sépare progressivement en deux gouttes reliées par un filament qui en se rompant va créer à son tour 3 gouttes de petites tailles.

De la destruction d'une goutte de cette taille on obtient 2 gouttes de taille moyenne et 3 gouttes de petite taille.

Il existe d'autres mécanismes de décomposition de la bulle mais ils sont difficilement observables.



Fig.5 : Processus de destruction d'une goutte de 9,4 mm

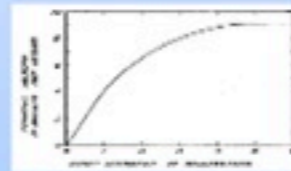


Fig.2 : Vitesse limite (m/s) d'une goutte en fonction de son diamètre (mm)

Déformation d'une goutte de grande taille lors d'une chute libre

Principe de l'expérience

On veut pouvoir capturer, par l'intermédiaire d'un appareil photo, la zone de rupture d'une goutte d'eau dont les dimensions sont connues.

Pour cela on va utiliser un Dropper constitué d'une ventouse mobile en vibration selon une fréquence connue afin de créer des gouttes dont on connaît la taille.

Protocole expérimental :

- 1) Calibrer la taille des gouttes que l'eau fait chuter :
On élabore un système de ventouse, excitée en vibration par un moteur à vitesse variable, qui agit sur un tube d'évacuation d'eau par lequel les gouttes s'échappent.
- 2) Mettre en place le dispositif de prise de vue dans la zone de déformation de la goutte :
On utilise un écran ainsi qu'une caméra dotée d'un flash pour enregistrer les différentes étapes de la rupture des gouttes. On ajoute une échelle visible pour avoir une référence de mesure (Fig.1)

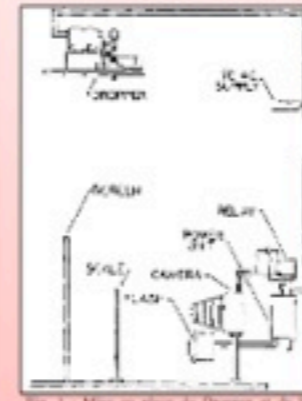


Fig.1 : Mise en place du Dropper et de la caméra d'enregistrement

Résultats Expérimentaux

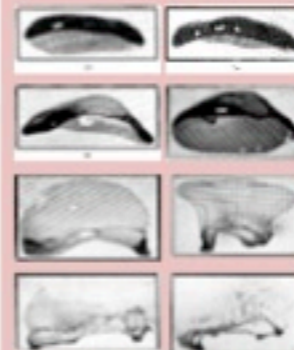


Fig.2 : Les étapes de la destruction d'une goutte de 15mm de diamètre.

Sur les gouttes de taille importante (10mm et plus) on peut visualiser la destruction de celles-ci :

La surface inférieure de la goutte se replie vers l'intérieur pour former une goutte en forme de parachute. Lorsque les contraintes aérodynamiques sont trop importantes, la goutte éclate violemment jusqu'à former une centaine de goutelettes.

La destruction des gouttes est un mécanisme complexe. On remarque tout d'abord qu'un système vibratoire se met en place au sein de la goutte, avec une majorité de vibrations dans des plans horizontaux. Ces ondulations sont visibles sur la succession de photographies ci-contre mais il est impossible de dire si elles sont à l'origine de la destruction de la goutte. En revanche, celles-ci nous montrent que plus le diamètre de la goutte est élevé, plus le nombre de fragments naissants de sa destruction sera important (sur les photographies, presque 15% des gouttes ne sont pas visibles en raison d'une résolution trop faible).

La séquence d'images montre la création de plusieurs anneaux en bas de la goutte sous l'effet des forces aérodynamiques. Ici, on observe clairement le rôle dans ondulations dans la destruction de ces anneaux.



Fig.6 : Fragmentation de la goutte, visualisation des goutelettes

Il y a trop de texte. Réduisez et agrandissez les figures.
Est-ce que vous pourrez bien expliquer le graphique au centre de votre poster?

OBSERVATIONS À L' AIDE DE FIL D'ARAIGNÉE

DECOUVERTE

Londres, 1847, Dr. Waller

Objectif : comment capturer des gouttes d'eau provenant du brouillard pour y déceler des organismes organiques ?

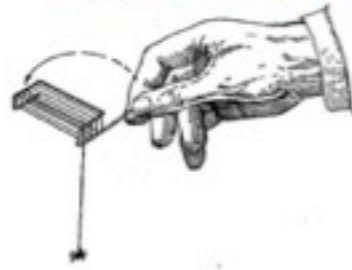
France, 1946, Dr. Déssens

Objectif : Comment capturer des gouttes d'eau salé dans l'air ?

Solution dans la nature :
les araignées

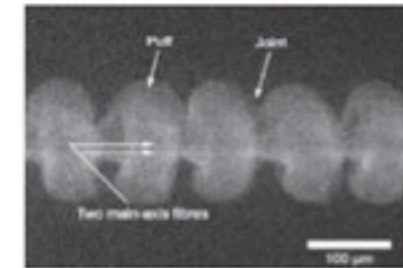


EXPERIENCE DE LABORATOIRE



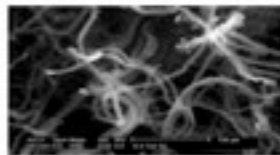
Dréssens à capturer des araignées qu'il a ramenés dans son laboratoire pour l'exploiter sans vergogne en la forçant de manière abusive à produire en grande quantité du fil

MECANISME PHYSIQUE



- Gravité
- Instabilité de Rayleigh-Plateau
- Microstructures des fibres de la toile d'araignée

ECHELLES DE GRANDEUR

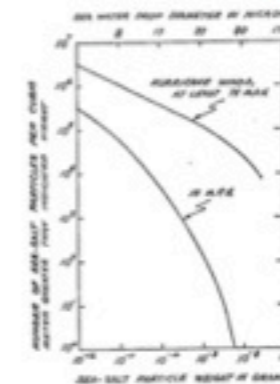


- Cheveux ~ 70µm
- Goutte d'eau ~ 200µm
- Fil araignée < 1 µm



- Indicateur du taux d'humidité de l'air ambiant.
- Chapelet de goutte
- Phénomène de coalescence

APPLICATIONS DU PHENOMENE DE CAPTURE DE GOUTTES PAR UNE TOILE



- Exploitation du phénomènes de suspension des gouttes d'eau sur les fil d'araignée dans le but de déterminer la formation de la pluie (grosses gouttes)
- Capteur naturel servant à récolter les gouttes d'eau issues de la pluie [2]

Références : [1] « from raindrops to volcanoes » Duncan C. Blanchard, [2] « Sciences et Avenir » Cécile Dumas

Mettez les noms des auteurs.

C'est un peu léger.

Décrivez à quoi cela lui sert, à Blanchard. Décrivez les expériences qu'il réalise et les observations qu'il fait.

Choisissez un graphique et prenez bien le temps de le décrire.

Que se passe-t-il lorsqu'une petite goutte tombe et atteint la surface de l'eau?

NSF 16
Serge Bodjona
Iannis Bennaceur

La chute des gouttes dans la mer est à l'origine des échanges de sel entre la mer et l'atmosphère. Comment l'expliquer?

Observations expérimentales

Blanchard, C distingue 2 phénomènes:

Les « Whitecaps »



Le liquide versé crée une multitude de bulles qui, lorsqu'elles atteignent la surface, explosent en libérant de nombreuses gouttes.



Photo d'un « splash »

La pluie



Une goutte est lâchée à plus 15 m de hauteur dans un récipient. Les gouttes provenant du « splash » sont ensuite comptées.

Si \varnothing goutte nombre et vitesse d'éjection des gouttes

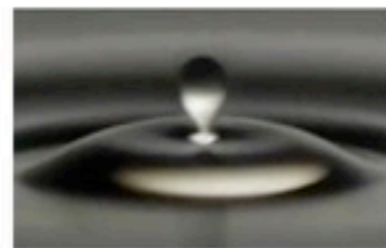
« We concluded that rain could indeed produce bubbles to compete with those produced by whitecaps »

Mais que se passe-t-il si la hauteur de chute diminue?

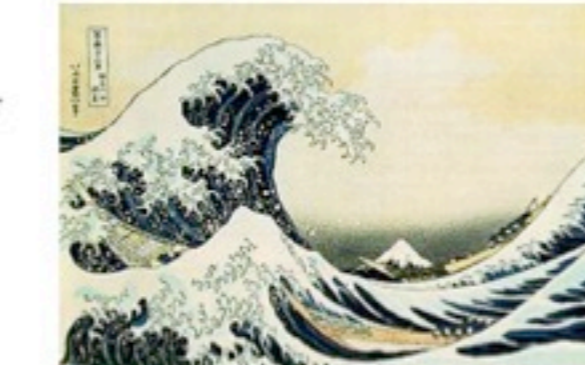
La cascade de coalescence

\varnothing aiguille = 635 μ m
H = 1 cm
Lc H₂O = 2500 μ m
 \varnothing goutte = 2830 μ m

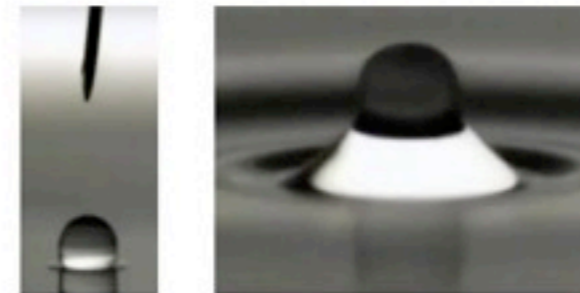
→ Système gravito-capillaire



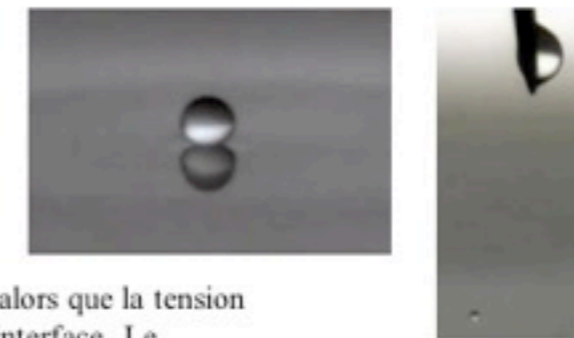
Le poids tend à étaler la goutte alors que la tension de surface minimise l'aire de l'interface. Le système est instable (Rayleigh-Plateau). Création d'une plus petite goutte.



La grande vague de Kanagawa par Hokusai (1830). On distingue le détachement de goutte au sommet des vagues, les « Whitecaps »



Expulsion de la fine couche d'air entre la goutte et la surface. Il n'y a plus qu'une seule interface.



\varnothing goutte = 317 μ m

Le poster semble trop léger.
Il faut trouver quelque chose de quantitatif à dire. Un graphique, une formule.

Distribution de la taille des gouttes de pluie

Ibrahima Noba, Etienne Pélissier⁽¹⁾
18 janvier 2013, NSF16

De l'intérêt de l'étude de la distribution (1948)

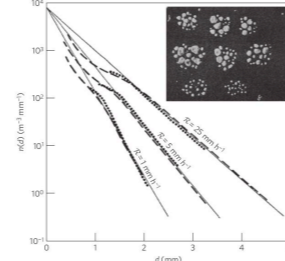
Première approche : **Bentley** est un des pionniers à s'intéresser quantitativement à la distribution des gouttes de pluie (et non plus à LA taille des gouttes de pluie). Expérience de la plaque de farine permet une première approche statistique...

$$n(d) = n_0 e^{-d/\langle d \rangle}$$

$$\langle d \rangle^{-1} = 41 \mathcal{R}^{-0.21}$$

Observations :

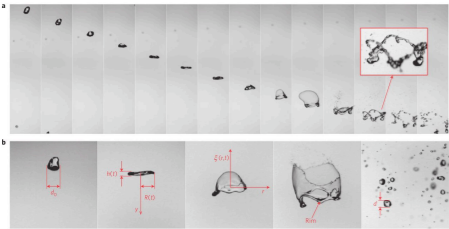
- P(d grand) \nearrow avec R \nearrow
- Décroiss. expo. (petites gouttes bcp + nombreuses)



(Fig. 1) Distribution de la taille des gouttes récoltées au sol

Explication phénoménologique (2009)

Le bag break-up expliquerait à lui tout seul la distribution...

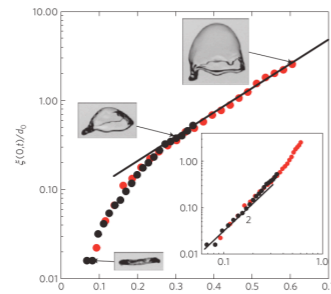


(Fig. 2) a) film de la chute d'une goutte en soufflerie (d0=6mm, fps=200Hz) b) étapes clés.

Différentes étapes successives :

- 1) Etat de base : goutte « patatoïde »...
 - 2) Aplatissement : dû aux efforts aéro.
 - 3) Effet parachute : anneau épais + film très fin
 - 4) Eclatement du film
 - 5) Fragmentation en gouttes filles
- Bag break-up**

Causes : Si $d > d_{crit}$, prise en compte des efforts aérodynamiques
→ Déformation induite + instabilités



(Fig. 3) a) Déformation max en fct du temps (phase quasi linéaire) b) phase exponentielle.

Observations :

- Anneau : essentiel de la masse
- Petites gouttes bcp + nombreuses (ok avec loi de Marshall et Palmers) → pas d'interaction inter-goutte dans la pluie
- Cinétique du bag break-up bcp + rapide que le temps entre 2 impacts de goutte au sol
- Avec une goutte, $n_0, \langle d \rangle$ et la forme expo. peuvent complètement anticipées.



(Fig. 4) Schéma simplifié du bag break-up

OK, très bien.

Confrontation et analyse physique

Loi de Laplace : le saut de pression entre intérieure et extérieure de la goutte est proportionnel à la tension de surface et la courbure par la relation :

$$p(r) = p_a(r) + \sigma \kappa$$

En se plaçant à la surface de la goutte $r = R(t)$ et en résolvant l'équation d'Euler en coordonnées radiales on peut définir le nombre de Weber qui exprime le rapport des effets d'inertie sur les effets de tension de surface

$$We = \rho_a U^2 d_0 / \sigma$$

On définit ainsi un temps caractéristique d'éclatement de la bulle faisant de la tension de surface un effet stabilisateur.

$$\tau_{burst} \sim \frac{\tau}{\sqrt{1 - 6/We}}$$

En définissant une loi d'épaisseur de goutte $h(t) \sim d_0 e^{-2t/\tau}$ on trouve alors :

$$\langle d \rangle^{-1} = 48.5 * \mathcal{R}^{-2/9}$$

Ce résultat est affine les résultats expérimentaux pressentis par Marshall et Palmers.

Applications

- Automobile (moteur Diesel, ...)
- Agriculture (irrigation, étude de contamination, ...)
- Aérospatiale (liquide propulseur, détonique...)
- Ecoulements multi-phases en général!



Perspectives :

De nombreuses études, sans cesse plus complexes grâce aux progrès du calcul numériques.

Références

[1] E. Villermaux, B. Bossa, Single-drop fragmentation determines size distribution of raindrops, Nature Physics (Vol. 5 sept 09).
[2] D. C. Blanchard, From Raindrops to Volcanoes, Dover Publications, Inc.

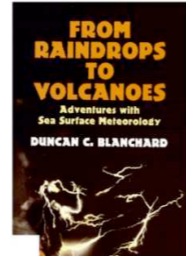
Biographie:



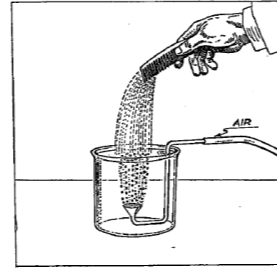
Duncan Cromwell Blanchard est né le 8 Octobre 1924 à Winter Haven en Floride. Après avoir servi la Navy, au cours duquel il découvrit son intérêt pour les sciences, il reprit ses études et obtient son Bachelor en sciences navales en 1945 de l'Université de Tufts, ainsi qu'un Bachelor en ingénierie en 1947 de l'université de Floride. En 1951, il obtient son grade de Master en physique de l'université de l'état de Pennsylvanie, et enfin son doctorat en météorologie de l'Institut de Technologie du Massachusetts (MIT) en 1961.

Principaux travaux	Etude des gouttes de pluies: -Formation -Taille et forme -Distribution -Solidification
	Interaction air-mer: -Transfert de matière, charge électrique, transport de microparticules de l'océan.
	Electricité atmosphérique et volcanique.
Institutions	-Wood Hole Oceanographic institution -American Meteorology Society -American Association for the Advancement of Science
Ouvrages	-From raindrops to volcanoes -The Snowflake Man

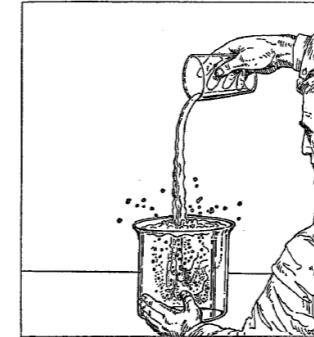
From raindrops to volcanoes: De quoi s'agit-il?



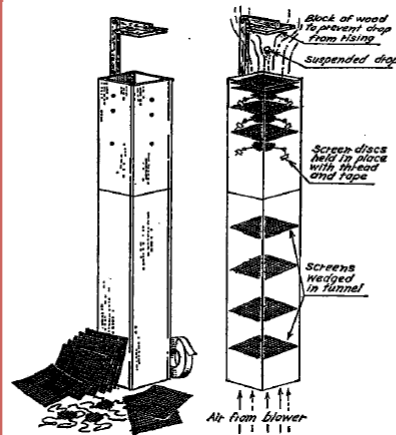
Blanchard établit à travers des expériences simples de nombreux résultats portant sur la formation et la dynamique des gouttes. En effet, il démontre entre autre que leur forme est différente de celle d'une larme. Il aborde en outre le rôle important des particules de sel marin dans la formation des gouttes de pluie. Mais aussi, que la et la distribution de ces gouttes n'ont rien d'aléatoire. Par ailleurs, afin de découvrir l'interaction qui existe entre les bulles et les gouttes à la surface de la mer, Blanchard nous incite à réaliser l'expérience présentée ci-contre.



Un autre aspect évoqué dans ce livre concerne la conduction électrique des gouttes. En effet, ces dernières peuvent être chargées d'électricité par effet d'induction. Ce qui joue un important rôle dans les régions volcaniques.



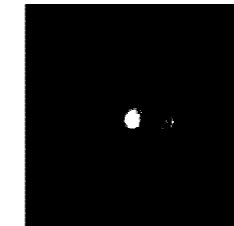
Un exemple d'expérience: la soufflerie verticale



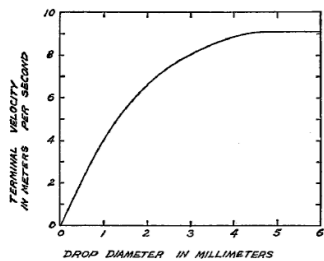
L'objectif est de cette expérience est d'étudier une goutte de pluie en chute libre à l'aide d'une soufflerie « fait maison » à l'aide de plaques de bois, d'un souffleur, de matrices permettant d'orienter l'écoulement dans la bonne direction, et d'éviter des phénomènes de turbulences. L'air ainsi soufflée par le bas retiendra une goutte de pluie (à une hauteur limitée par un socle en bois pour effectuer un bon réglage du débit et trouver l'équilibre des forces entre le poids de la goutte de pluie, et des forces aérodynamiques s'exerçant sur celle-ci.

Résultat:

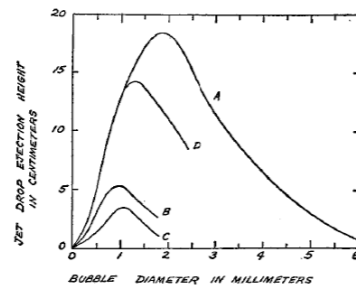
Pour une goutte d'un diamètre de 5 à 10mm, et une vitesse de l'écoulement fixée à 9m/s environ on peut observer une goutte à l'équilibre et on obtient le résultat suivant: Une goutte à forme sphérique, aplatie.



Quelques résultats sur les gouttes



Le graphe à gauche illustre l'évolution de la vitesse des gouttes de pluie en fonction de leur taille. Cette vitesse croît avec la taille des gouttes.



Un autre résultat établi par Blanchard concerne la hauteur d'éjection des gouttes en fonction de la taille d'origine de la bulle qui cause l'éjection. La figure en ci-contre montre ce résultat avec A,B,C les hauteurs respectives des 3 premières gouttes. Le courbe D est la hauteur de la goutte pour une bulle en chute dans une eau distillée.

Bibliographie: - From raindrops to volcanoes
-Image goutte: http://fr.123rf.com/photo_8198946_goutte-d-39-eau.html

Plutôt que de reprendre les divers éléments du livre, parlez de la situation des connaissances au moment où il commence sa carrière, et comment cette connaissance a évolué au fur et à mesure, et ce qu'il en est aujourd'hui. Pour le moment votre poster répète des choses faites par les autres groupes.

Introduction

Il existe deux types de pluie : une pluie chaude et une pluie froide. Elles se différencient par le processus de formation et la taille des gouttes de pluie.

Quelques ordres de grandeur

- Diamètre d'une goutte de nuage : $\phi_{nuage} = 1 \mu m$
- Diamètre d'une goutte de pluie : $\phi_{pluie} = 1 mm$

$$\frac{V_r}{V_0} = \frac{\frac{4}{3}\pi R_r^3}{\frac{4}{3}\pi R_0^3} = \left(\frac{R_r}{R_0}\right)^3 = \left(\frac{1000}{10}\right)^3 = 10^6$$

⇒ 1 million de gouttes dans un nuage pour former une goutte de pluie.

Pluie « froide »

- Lorsque la température dans le nuage devient largement négative ($\approx -30^\circ C$), les molécules se solidifient en **cristaux de glace**. L'agglomération d'un grand nombre de cristaux de glace forme un **flocon de neige**.
- Le poids de ce flocon entraîne sa chute hors du nuage.
- Durant sa chute le flocon fond en goutte de pluie en raison de la température de l'atmosphère qui est positive.

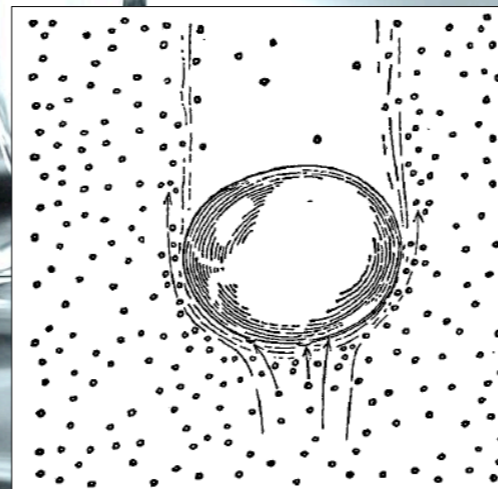
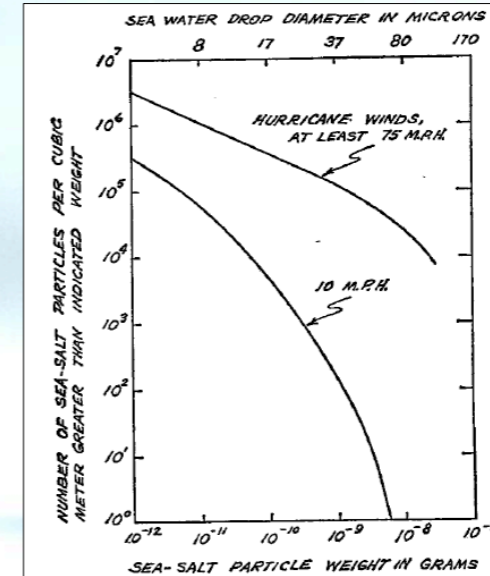
Références

- From Raindrops to volcanoes, Adventures with Sea Surface Meteorology, Duncan C. Blanchard.
- "Les précipitations" <http://www.meteo.org/phenomen/pcpn.htm>



Pluie « chaude »

- L'eau de la mer et des océans se transforme en vapeur d'eau. Cette vapeur d'eau se condense autour des particules de sel provenant également de la mer. Ce processus dégage de la chaleur.
- L'ascension de ces particules se fait jusqu'au niveau des nuages. La distribution des particules de sel varie en fonction de la vitesse du vent. On observe qu'il y a un plus grand nombre de petites particules que de grandes.



- Les plus grosses bulles (eau condensé autour des particules de sel) se trouvent en haut du nuage. Par effet de gravité, elles chutent à travers le nuage. Durant cette chute les bulles collectent sur leurs passages des particules se trouvant dans la trajectoire « effet boule de neige ». La totalité des particules ne sont pas emportées. Une fois arrivées en bas du nuage, les bulles continuent leurs chutes dans l'atmosphère.

Types de vagues et déferlement

- Spilling (présence d'écume)
- Plunging (déferlement)**
- Collapsing (le bas de l'avant de la vague casse)
- Surging (pas de perturbations de la surface)



Figure 1 : Vague déferlante

Pour qu'une vague commence à éjecter des gouttelettes elle subit une transition: Vague d'une surface lisse -> vague stationnaire périodique -> vague stationnaire apériodique -> vague d'une grande amplitude, qui casse en gouttelettes. Cela est dû à l'accélération montante jusqu'à l'instabilité de Rayleigh

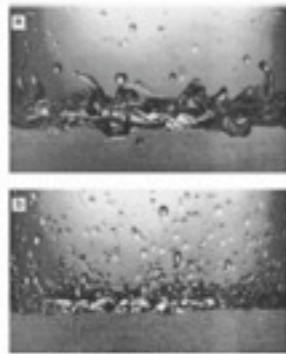


Figure 2 : Vagues en laboratoire

Deux vagues en laboratoire excitées de différentes fréquences, qui créent toutes les deux des gouttelettes. Elles ont déjà passé la transition et donc ont atteint l'instabilité de Rayleigh.

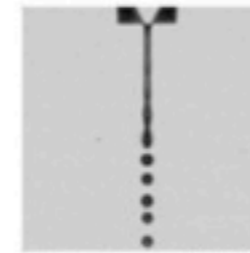


Figure 3 : Instabilité de Rayleigh

Le même effet (instabilité) qui fait que le jet de la figure 3 se sépare en plusieurs gouttes est responsable pour la création des gouttelettes dans les vagues déferlantes. L'instabilité de Rayleigh

Lors du déferlement des vagues de l'air est entraîné dans l'eau, déclenchant la formation de bulles avec une large distribution de tailles. L'éclatement des bulles à la surface s'accompagne d'une profusion de gouttelettes. C'est la deuxième manière de création de gouttes pendant le déferlement d'une vague.

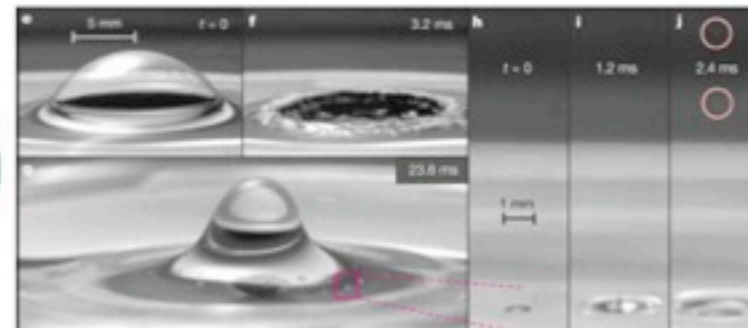


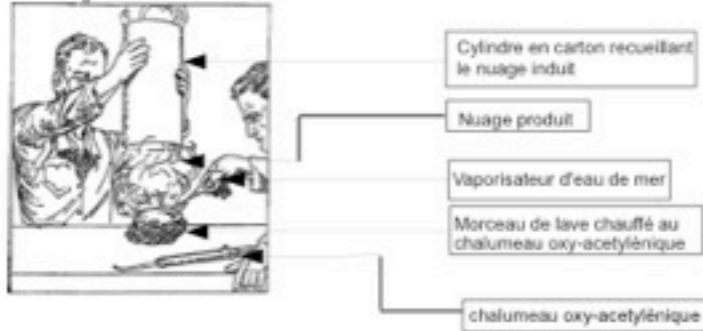
Figure 4 : Production de gouttelettes par une bulle

Conclusion:
Les gouttelettes qui peuvent avoir la taille du micron, vont former l'embrun et les aérosols marins. L'embrun modifie notablement les transports verticaux de matières (gaz ou particules), chaleur, humidité, facteurs importants pour les phénomènes météorologiques. Elles jouent aussi un rôle prépondérant dans les échanges océan-atmosphère.

Il faut du quantitatif dans ton poster, un graphique ou une formule à décrire et interpréter.
Parle des différents types de déferlement qui sont décrit dans l'article et des raisons du déferlement. Et puis tires-en des conclusions en ce qui concerne la formation de bulles.

FORMATION DE GOUTTES D'EAU SALÉE SOUS L'INTERACTION LAVE CHAUDE ET MER

En atteignant la mer, la lave en fusion provoque une évaporation rapide. La vapeur formée en s'élevant se condense en fines gouttes formant des nuages. Ces gouttes devraient normalement n'être constituées que d'eau pure. En fait, elles contiennent du sel en concentrations bien supérieures à celles trouvées dans les gouttes formées lors d'ouragans. Le flux de particules d'eau salée produit est très important de l'ordre de $10^6 / \text{cm}^2 \cdot \text{s}$, 10000 fois supérieur à la quantité produite par les bulles sur la surface de l'océan d'où une action bien plus importante. Ceci a été confirmé par expérience en laboratoire où de la lave fondue a été arrosée par de l'eau de mer. Voir figure suivante :



LAVE CHAUDE, EAU DE MER ET ÉLECTRICITÉ



VOLCAN KILAUNEA

Par expérience, lors du versement d'eau de mer sur de la lave chauffée au rouge-orange, on constate que le nuage de vapeur formé se charge positivement et a contrario la lave négativement. Chaque particule du nuage contient environ 10^9 charges élémentaires.

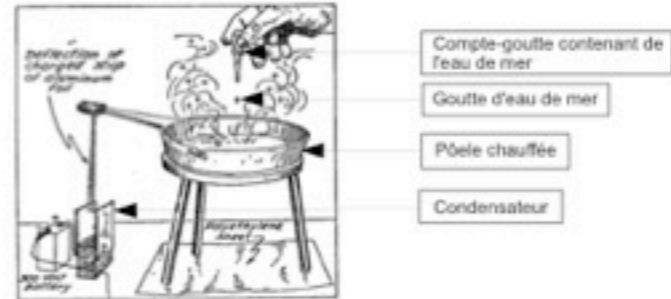
Il est donc possible que des nuages fortement chargés en électricité positive se forment au dessus de la rencontre entre la lave chaude et l'eau de mer et que l'accumulation de ces charges soit suffisante pour générer des éclairs.



LAVE DU KILAUNEA SE DÉVERSANT DANS LA MER

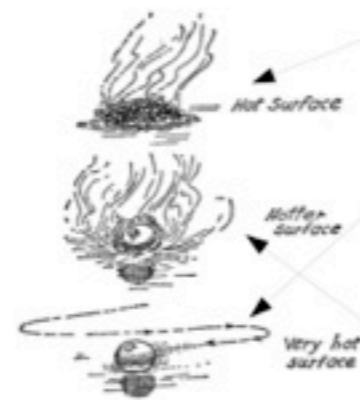
EXPÉRIENCE PROUVANT LA PRODUCTION D'UN NUAGE CHARGÉ POSITIVEMENT

En faisant tomber des gouttes d'eau de mer sur la surface d'une poêle chaude, on crée par évaporation un nuage chargé positivement dont on peut détecter le signe et l'importance par mesure de la déflexion d'une bande de feuille d'aluminium reliée à la poêle et soumise à un champ électrique. Cette charge électrique n'apparaît que dans le cas mixte où la goutte liquide est alternativement en contact direct avec la poêle et isolée par un matelas de vapeur. Voir figure suivante.



PHÉNOMÈNE DE CALÉFACTION

Lorsqu'on pose une goutte d'eau sur une surface chaude plusieurs phénomènes sont observés suivant la température de cette surface.



Jusqu'à une température de 150 à 200°C, la goutte liquide est en bon contact avec la paroi. Le transfert thermique se fait principalement par conduction.

Si la température dépasse 370°C, il se forme entre la goutte liquide et la surface chaude une couche de vapeur dont la conductivité est faible devant celle de l'eau ; l'évaporation de la goutte est ralentie. Dans ce cas, la goutte n'adhère pas à la paroi et peut se déplacer rapidement.

Entre les deux températures extrêmes l'évaporation se fait alternativement selon les deux modes et on observe la formation de très fines gouttelettes. C'est dans ces conditions qu'il se forme les très nombreuses gouttelettes observées.

ILE DE SURTSEY, ISLANDE

Vérification par observation et mesure de la formation d'un nuage chargé électriquement



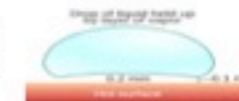
Eruption volcanique



Foudre probablement due à la production d'un nuage chargé électriquement par l'éruption du volcan



Antenne horizontale utilisée pour la mesure du gradient de potentiel électrique



OK, c'est bien. Parlez du rôle que jouent les particules sorties du volcan une fois dans l'atmosphère, et le rapport avec la pluie. Ne passez pas trop de temps sur la caléfaction, il y a un autre groupe qui va en parler.

L'origine des gouttes de pluie

« From raindrops to volcanoes »
Duncan Blanchard
UPMC NSF 16

Lors de la seconde guerre mondiale, les météorologistes devaient pouvoir prévoir le temps qu'il ferait sur les champs de batailles. Ils réalisèrent alors que la pluie pouvait être produite dans des nuages dont les températures étaient supérieures à 0°C. Après la guerre, deux types de pluies furent identifier : la pluie « chaude » et la pluie « froide ».

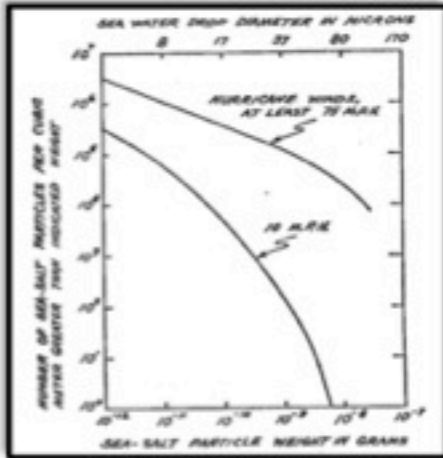
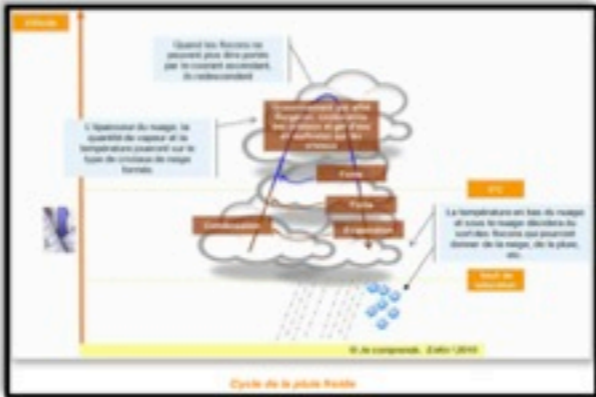
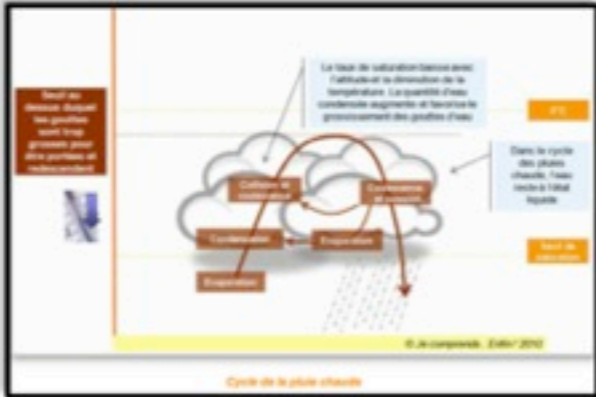
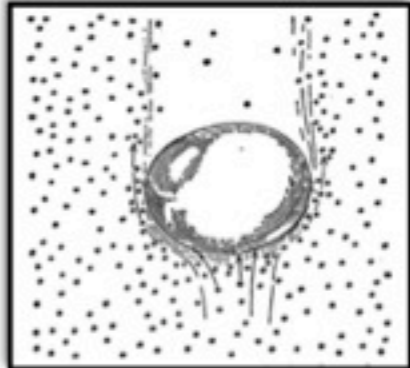
Sous le point de congélation d'un nuage, l'eau existe sous ses 3 phases : gazeuse, liquide et solide. On a un transfert continu de vapeur d'eau depuis les gouttelettes vers les cristaux de glace. Cela est dû à la différence de pression de vapeur saturante de l'eau en surfusion (gouttelettes) et des cristaux de glace. La diffusion vers les cristaux de glace font grossir ces derniers aux dépens des gouttelettes. C'est l'effet Bergeron.

La **coalescence** correspond à la fusion de deux ou plusieurs gouttelettes par collision pour en former une plus grosse. Elles montent à des vitesses différentes selon leurs tailles et les courants ascendants. Lorsqu'elles ne sont plus soutenues par ces courants, elles tombent et grossissent de la même façon.

Dans un nuage chaud, les gouttelettes grossissent par condensation de la vapeur d'eau et par coalescence. Lorsqu'elles sont trop lourdes, elles tombent formant alors une pluie chaude.
Dans un nuage froid, les gouttelettes fusionnent avec un noyau de congélation et se transforment en cristaux de glace. Ces derniers grossissent par l'effet Bergeron. Ils tombent également et capture des flocons plus petits. Lorsqu'ils passent dans de l'air plus chaud, ils fondent et forment alors de la pluie froide.

$$\left(\frac{1000}{10}\right)^3 = 100^3 = 100 \times 100 \times 100 = 1,000,000$$

La formule représente le rapport au cube des rayons d'une goutte de pluie (1000 microns) et d'une gouttelette de nuage (10 microns). Une goutte de pluie contient donc un million de gouttelette de nuage.



La distribution des particules de sel dans l'air au dessus de la mer varie en fonction de la vitesse du vent. Ces particules de sel constituent des **noyaux de condensation** sur lesquels la vapeur d'eau va se déposer.

Gabriel Jacquinod
Janvier 2013

OK, la structure du poster n'est pas très claire. Le texte est trop décoré des images.



UN DISPOSITIF EXPERIMENTAL POUR OBSERVER UNE GOUTTE D'EAU EN CHUTE LIBRE

Par TRAORE Janet et KABIR Malick

Universite Pierre et Marie Curie-M2 MF2A (2012/2013)

NSF16 Ecoulements Multiphasiques

1. LES OBJECTIFS

NOTRE experience est celle tiree du livre de Blanchard[1].

Elle consiste a faire **leviter une goutte d'eau** afin de la visualiser. La presentation contient 3 parties:

- Description du protocole experimental
- Visualisation de la goutte d'eau
- Commentaires sur quelques aspects numeriques

2. LE PROTOCOLE EXPERIMENTAL

- Quelques pieces en bois
- Du ruban adhesif
- Du fil a coudre
- Un compte goutte
- Un ventilateur a ecoulement centrifuge
- Quelques feuilles de moustiquaire

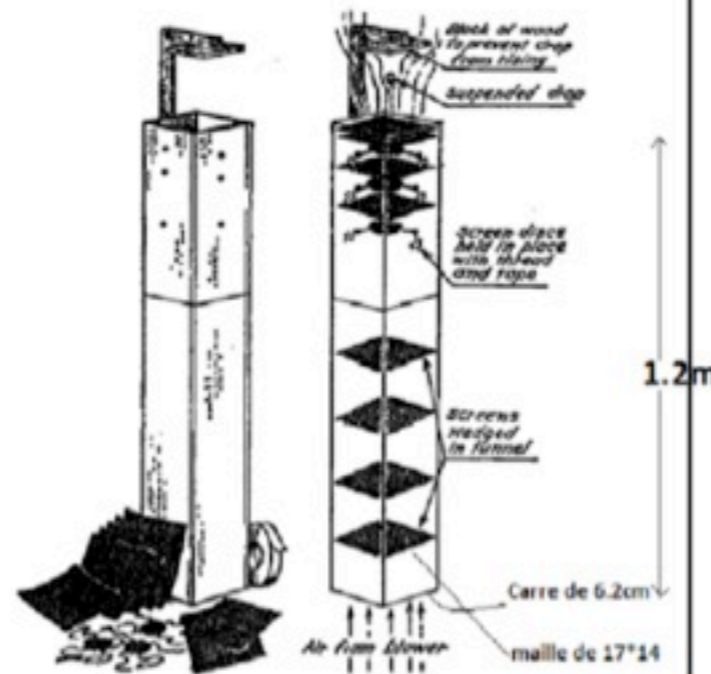


Figure 1: *Experience de Levitation aerodynamique -source [1]*

Le defi est de maintenir l'ecoulement laminaire le long du tunnel. Un ecoulement turbulent ferait perdre l'integrite de la goutte. Pour cela les parois internes sont polies au mieux pour se debarrasser des rugosites. Les grilles sont placees a des intervalles judicieusement choisis pour retarder la turbulence.

3. VISUALISATION DE LA GOUTTE

Premier constat: la goutte n'a pas la forme d'une larme



Figure 2: *Forme de la goutte -source [2]*

- Elle est **aplatie a la base** (force aerodynamique) et **arrondie au sommet** (tension superficielle)
- Par contre les petites gouttes de **taille inferieure a 2mm** ont **quasi spherique**
- Pour des **diametres superieurs a 5.5mm**, la goutte **devient instable** et perd son integrite
- D'apres les travaux de **P.Lenard**, sa vitesse augmente avec le diametre jusqu' a **4.5mm**
- Pour des diametres superieurs a 4.5mm, la vitesse ne depasse pas **8m/s** du fait de la forme de la goutte et de l'effet de trainee

References

[1] Duncan C. Blanchard *From Raindrops to Volcanoes*, Dover Publications, pp 21/27.

[2] www.islandnet.com/~ses/weather/history/lenard.htm

OK, montrez nous le calcul pour la puissance du moteur, et le choix des ordres de grandeur pour les tailles. Pour le moment il n'y a pas de quantitatif dans votre poster.

Les mécanismes qui expliquent la distribution des gouttes de pluie

Définition

- La distribution des gouttes de pluie, aussi appelée granulométrie de la pluie est la répartition du nombre de gouttes de pluie en fonction de leur diamètre.
- Trois processus contribuent à la distribution des gouttes au sein du nuage :
 - la condensation de la vapeur d'eau sur une goutte
 - la collision de petites gouttes sur de plus grosses
 - les collisions entre gouttes
- En fonction du temps passé dans le nuage, le mouvement vertical dans celui-ci et la température ambiante, les gouttes auront donc une distribution en diamètre qui va de quelques dizaines de micromètres à quelques millimètres.
- Processus qui contribuent à l'évolution de la distribution des gouttes, du nuage jusqu'au sol :
 - la condensation
 - les collisions
 - l'évaporation
 - le balayage du milieu par les grosses gouttes
- Phénomène de collision : Lorsque deux gouttes de volumes V_1 et V_2 entrent en collision, elles forment une goutte plus grosse, de volume $V_3 = V_1 + V_2$.
- Phénomène de balayage du milieu : Disparition d'un grand nombre de très petites gouttes suite à leurs absorptions par des très grosses. Le balayage est causé par deux populations de gouttes ayant des vitesses très différentes. C'est le cas des très grosses gouttes vis-à-vis des plus petites.

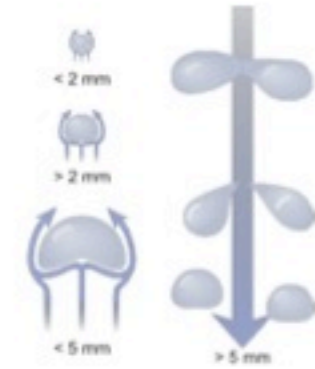


Diamètre des gouttes : une taille minimale et une taille maximale

Lorsqu'on observe la taille des gouttes de pluie, on peut vite se rendre compte qu'on ne trouve pas de goutte de pluie en dessous d'une certaine taille (0.1 mm environ) et de même pas non plus de gouttes dont le diamètre est supérieur à 5 voire 6 mm.

La taille minimale s'explique tout simplement par le fait qu'il faut à la goutte de pluie un poids minimal pour continuer à tomber, sous l'effet de la gravité.

La taille maximale, elle, est due à la force de friction exercée par l'air lors de la chute. Au-delà de 2mm, la goutte est de moins en moins sphérique et de plus en plus aplatie, et au-delà de 5mm de diamètre l'air s'engouffre au milieu de la goutte qui se scinde en plusieurs petites gouttes.



MESURES EXPERIMENTALES

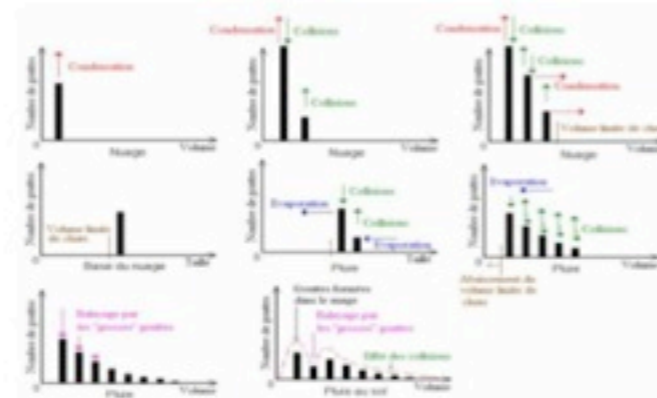
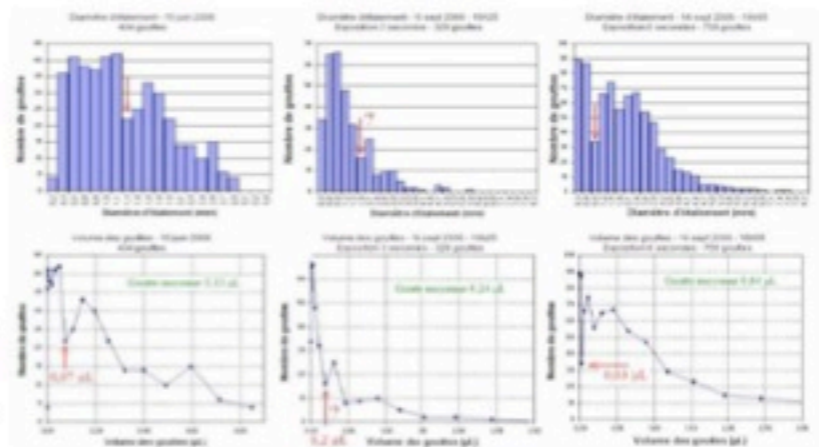
Pour présenter la mécanique de distribution, des étudiants français du Lycée Bellevue de Toulouse ont réalisé une étude expérimentale menée sur différentes ordes de pluie.

Réalisation de l'étude :

- Utilisation d'un pluviomètre et d'une plaque parfaitement sèche et plane afin de recueillir les impacts des gouttes de pluie.
- Mesure de la taille des gouttes. En connaissant la taille réelle de la plaque et le facteur d'échelle, il est possible de déduire le diamètre réel des gouttes.
- Construction des Histogrammes des distributions en diamètre d'étalement et en volume des gouttes, pour trois ordes différentes.

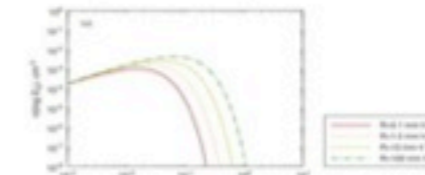
Résultat:

La répartition des gouttes de pluie en « deux bosses », signifiant que le nombre de buées est concentré sur ces deux intervalles de taille, ce qui est explicable par le balayage des gouttes de taille plus importantes, qui en tombant coalescent avec des gouttes de taille plus faible.



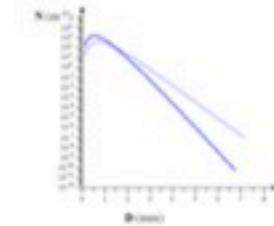
Modèle de distribution de goutte de pluie : Marshall-Palmer – Influence du type de pluie : stratiforme (froide) et convective (chaude)

Dans cette modélisation, R est l'intensité de la pluie. la fonction $N(D)$ doit être tronquée pour prendre en compte les tailles de goutte minimales et maximales.



$$N(D) = N_0 e^{-\Lambda D} \text{ avec } \begin{cases} N_0 = 8000 \text{ m}^{-3} \text{mm}^{-1} \\ \Lambda = 4.1 \text{ km}^{-1} \end{cases}$$

Voici un exemple de représentation logarithmique de la distribution des gouttes de pluie, en fonction de l'intensité de la pluie.



ICI, on a représenté la distribution de 2 type de pluie : en bleu clair, la distribution donnée par une pluie stratiforme (effet Bergeron) et en bleu foncé celle rencontrée lors d'orage (pluie convective).

Du nuage jusqu'au sol, différentes étapes

Différentes étapes dans le processus:

- formation des gouttes par condensation.
- Les collisions entre les gouttes forment des gouttes de volume double et par conséquent le nombre de grosses gouttes augmente. Pour les petites gouttes, la condensation fait croître leur nombre, alors que les collisions produisent l'effet contraire.
- De nouvelles collisions entre les gouttes de volumes différents forment des gouttes de plus en plus grosses. La condensation de l'eau autour des petites gouttes les fait également grossir.
- Lorsque les gouttes sont assez grosses, elles finissent par chuter et le mécanisme de collision va produire des gouttes de plus en plus grosses, tandis que l'évaporation va éventuellement décaler la distribution vers les petites gouttes.
- Lors de la chute des gouttes, le mécanisme de balayage va être à l'origine de la disparition d'un nombre important de petites gouttes. L'efficacité du balayage est d'autant plus importante que l'écart de vitesse entre les très grosses et très petites est grand. Les toutes petites gouttes sont bien plus affectées que les gouttes de tailles moyennes.
- Au fur et à mesure que l'on se rapproche du sol, la vitesse ascensionnelle de l'air diminue, jusqu'à tendre vers zéro. Il y a donc abaissement du volume limite de chute.

OK, il y a trop de texte et trop d'images. Vous essayez d'en dire trop. Chercher ce qui est le plus important à dire.

COMMENT SE COMPORTE UNE GOUTTE D'EAU SUR UNE SURFACE CHAUDE ?

CACHET Florence – OUDCHAIRA Habiba

I. UN PEU D'HISTOIRE

1. Expérience de Woodcock & Spencer : Eruption volcanique

L'eau de mer en contact avec la lave en fusion produit un nuage de vapeur riche en sel.

. Hypothèse : Si la production massive de particules de sel dans le nuage est uniquement due au contact de l'eau de mer avec la lave en fusion, alors il est possible de reproduire ce phénomène en laboratoire.

. Expérience : L'eau de mer est vaporisée sur de la lave en fusion. La vapeur ainsi générée est captée dans un carton cylindrique.

. Constat : Des particules de sel sont retrouvées sur le cylindre.



2. Expérience de Peltier : Machine à vapeur

. Constat : Electrification d'une machine à vapeur en fonctionnement.

. Hypothèse : La vapeur d'eau est composée d'impuretés et de sel responsables de l'électrification de la machine à vapeur en marche.

. Expérience : Réchauffement d'une chaudière remplie d'eau salé \Rightarrow mesure d'un courant électrique à la paroi de la chaudière

3. Expériences de Volta

Expérience 1. - Mesure de la tension d'une casserole contenant de l'eau portée à ébullition

. Hypothèse : L'évaporation de l'eau produit de l'électricité

. Constat : L'eau chauffée dans une casserole ne produit pas d'électricité \Leftrightarrow Hypothèse rejetée

Expérience 2. - Mesure de la tension d'une plaque de métal chauffée sur laquelle quelques gouttes d'eau sont projetées

. Hypothèse : L'évaporation rapide de gouttelette d'eau produit de l'électricité

. Constat : La plaque de métal est traversée par des charges négatives, donc le nuage de vapeur est chargé positivement. \Leftrightarrow Hypothèse vérifiée

4. Expériences de Faraday

Une série d'expériences montre que l'électricité n'est pas générée par l'évaporation, mais par des effets de frictions des gouttelettes constituant le nuage de vapeur.

5. Expérience de Blanchard

. Expérience : Woodcock & Spencer combiné à l'expérience 2 de Volta. L'eau de mer est vaporisée sur de la lave en fusion. La vapeur ainsi générée est captée dans un carton cylindrique. La lave en fusion est reliée à un électromètre.

. Constat : La lave est chargée négativement et le nuage positivement.

II. PHENOMENE DE LEIDENFROST – COMPORTEMENT D'UNE GOUTTE SUR UNE SURFACE CHAUDE

Le comportement d'une goutte dépend de la température de la plaque chauffante T_{plaque} .

$$50^{\circ}\text{C} \leq T_{\text{plaque}} \leq 200^{\circ}\text{C}$$



[1] La goutte entre en ébullition puis s'évapore.

$$200^{\circ}\text{C} \leq T_{\text{plaque}} \leq 300^{\circ}\text{C}$$



[2] La goutte rebondi, grésille et disparaît au bout de quelques secondes.

$$T_{\text{plaque}} > 300^{\circ}\text{C}$$



[3] La goutte glisse sur un coussin de vapeur et ne s'évapore pas pendant quelques minutes.

OK, passez un peu plus de temps sur Leidenfrost, qui est un phénomène que nous allons étudier plus en détail dans ce cours, et il y a un autre groupe qui va parler des volcans. Essayez de trouver quelque chose de quantitatif à nous dire.

III. CONCLUSION – AUTRE EXPERIENCE DE BLANCHARD

Une casserole placée sur un système (trépied + papier de polyéthylène) isolant, est reliée à un détecteur de charge par deux bandes d'aluminium. La borne positive d'une batterie de 300 Volt est reliée à l'une des plaques du détecteur de charge et la borne négative à l'autre plaque.

On chauffe la casserole à l'aide d'un bec Bunsen. Puis on dépose dans la casserole une goutte d'eau de mer. Si la goutte s'évapore rapidement [1] ou flotte [3], alors la tige verticale d'aluminium reste immobile, ce qui signifie qu'aucun courant électrique n'est généré. Par contre si la goutte rebondit et grésille avant de disparaître [2], la précédente tige d'aluminium est attirée par la borne positive, ce qui signifie que la tige doit être chargée négativement et donc le nuage de vapeur positivement.

\Leftrightarrow Le phénomène seul, d'évaporation de l'eau n'engendre pas de courant électrique.

