



Un Jet d'eau figé dans le temps !

Le jet d'eau Laminaire



Maes Clément TS
Vandenbusche Mathis TS
Millet Baptiste TS



Sommaire

Introduction.....	P3
Problématique.....	P3
I) Le canon à jet Laminaire.....	P4
La construction du canon.....	P4-5
La manipulation.....	P5
II) Reynolds et sa découverte.....	P6
Origine des flux.....	P6
L'histoire de Reynolds.....	P6
Un jet Laminaire ou Turbulent	P6-7
Sa découverte.....	P7
L'expérience de Reynolds.....	P8-9
III) Observation du jet d'eau laminaire avec le stroboscope.....	P10
Définition du stroboscope.....	P10
Expérience avec le stroboscope.....	P10
IV) Expérience à grand et à petit nombre de Reynolds.....	P11
Expérience a grand nombre de Reynolds.....	P11
Expérience à petit nombre de Reynolds.....	P
Conclusion.....	P

Introduction

Introduction

Nous sommes 3 élèves en terminale S à Saint Jacques à Hazebrouck (59) qui cherchions un nouveau défi qui nous permettrait de faire évoluer nos connaissances. Depuis la seconde, les Olympiades de physique nous ont toujours intéressés.

Nous avons très vite trouvé notre sujet d'Olympiades. Nous voulions découvrir de nouvelles choses sur la physique chimie. Nous avons donc décidé de travailler sur le jet d'eau laminaire suite au visionnage d'une vidéo d'EXPERIMENT BOY.

<https://www.youtube.com/watch?v=rscpnV5DBSo&t=87s>

Notre problématique est la suivante :

« Qu'est ce qu'un fluide à l'état laminaire ? »

Nous avons donc recherché à réaliser un « canon à jet laminaire ». La documentation nous a permis de nous renseigner sur le nombre de Reynolds et de pouvoir comprendre ce qu'était que le jet d'eau laminaire afin de pouvoir réaliser notre « canon ».

Nous avons ensuite approfondi nos recherches en cherchant plus d'informations sur les fluides à l'état laminaire et sur l'expérience historique de Reynolds.

Nous nous réunissons tous les vendredis matins pendant nos deux heures d'accompagnement personnalisé « Olympiades » et souvent dès que nous avons une heure de permanence, car l'accès au labo nous est rendu possible. Nous avons travaillé le plus possible pour mener au bout notre projet. Néanmoins, nous avons rencontré de nombreuses difficultés pour réaliser les différentes expériences. Nos deux heures d'AP ne nous permettaient pas de nous rencontrer tous ensemble. Et les expériences ont été difficiles à réaliser. Mais nous sommes fiers d'avoir cherché, d'avoir essayé et d'avoir été, à notre humble niveau, des chercheurs en herbe.

I) Le canon à jet Laminaire :

Quelles sont les différentes étapes de la construction d'un canon à jet d'eau Laminaire et comment marche-t-il ?

1. La construction du canon

Pour construire notre « canon à jet d'eau Laminaire », nous avons dû nous munir de différents matériaux. Nous avons eu besoin :

- Un tube en PVC de 125 mm de diamètre et 500 mm de longueur.
- Entre 400 et 500 pailles en plastique.
- 2 Bouchons pour boucher les extrémités du tube en PVC.
- 2 passoires avec maille en fer, assez fine.
- 4 grattoirs de cuisine, carrés de 15 cm.
- 1 embout de tuyau d'arrosage.
- Une scie.
- Du Papier ponçage.
- Une Perceuse.
- Une Dremel.

Nous avons dû commencer par découper le tube en PVC pour enlever 2 rondelle de 5 cm de longueur. Nous avons positionné ensuite les pailles au milieu du tube en PVC.



Une fois cela fait, nous avons pris les rondelles découpées précédemment pour réduire leurs diamètres. Pour cela, nous avons découpé 15 mm. Après, nous avons découpé les passoires en mailles de fer pour pouvoir les coller aux deux rondelles, et nous avons ensuite positionné les grattoirs de cuisine que nous avons découpé en fonction du diamètre des Rondelles aux chaque extrémités du tube en PVC.



Nous avons après mis les 2 bouchons à chaque extrémités pour pouvoir fermer notre canon à jet d'eau laminaire. Sur un des bouchons nous avons fait un trou qui nous a permis de positionner l'embout à tuyau d'arrosage qui nous permettrait de faire arriver l'eau. Et sur l'autre nous avons percé un petit trou que nous avons ensuite limé de l'extérieur pour que le filet d'eau sortant du canon à jet d'eau laminaire puisse ne pas toucher les parois de sortie de du bouchon.





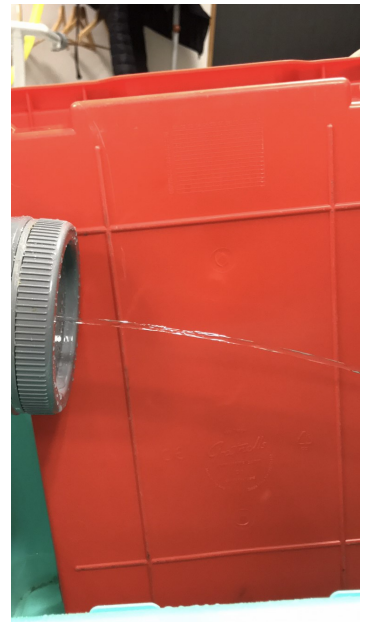
Une fois cela fini, nous avons collé les bouchons et fait l'étanchéité pour que le canon à jet d'eau laminaire ne puisse plus fuir. Nous avons relié l'embout de tuyau d'arrosage à un tuyau qui été positionné sur le robinet du labo pour faire l'arrivé d'eau.



2. La manipulation

Ce canon que nous avons construit a pour but de faire sortir un jet d'eau qui serait Laminaire. Lorsque l'on ouvre le robinet, en fonction de la pression du robinet que nous avons mis, le canon va mettre un certain temps (court) pour se remplir. Un fois cela fait, avec la pression du robinet, l'eau va sortir du canon pour être un jet d'eau laminaire parfait, comme si il était figé dans le temps. Ce filet pourra avoir une longueur que l'on pourra faire varier toujours en modifiant la pression, plus la pression exercée sera grande, plus la longueur du jet d'eau Laminaire sera longue.

L'eau Laminaire va être du au différentes forme de filtre positionné dans le canon. Lorsque l'eau va arriver dans le canon, elle va d'abord être ralentie par les 2 premiers ronds de grattoir de cuisine et la passoir qui vont être les premiers filtre qui vont permettre à l'eau arrivée d'être plus fluide. Ensuite, les pailles positionnées au milieu vont permettre à l'eau d'être déjà un peu laminaire car elle devra passer dans ses pailles et va donc déjà se former de différents filets d'eau. Enfin, la deuxième passoir et les deux autres grattoirs de cuisine ronds font encore une dernière fois filtré cette eau. Le dernier effecteur sera la sortie du jet d'eau, cette sortie doit être polie à l'extérieur pour que le filet d'eau ne touche pas la sortie et ne soit pas modifié.



II) Reynolds et sa découverte :

Mais quelles sont les origines des régime d'un écoulement, qui est Reynolds, quelle est sa découverte ?

1. Origine des flux

L'origine du flu turbulent remonte à l'époque de Leonard De Vinci. Leonard De Vinci est un grand créateur du 15^{ème} siècle, machine volante, ponts, chauffage ou encore la contribution au progrès des connaissances scientifiques. Il fut le premier à étudier précisément la formation de tourbillons dans l'eau ou l'air qui s'écoule autour d'un obstacle, c'est Leonard De Vinci qui donna le nom de « Turbulence » à ce phénomène. Il n'en chercha pas d'explication théorique, mais en donna d'excellente descriptions et des dessins.

2. L'histoire de Reynolds

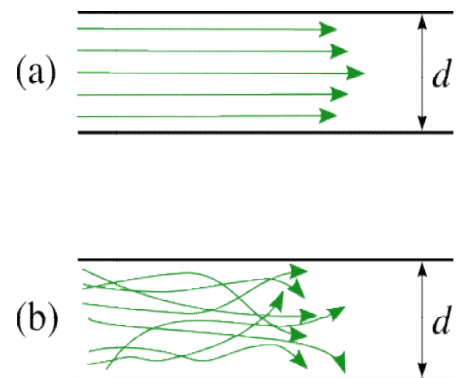
Osborne Reynolds, citoyen du 19^{ème} siècle, est un ingénieur et physicien irlandais de grandes renommé. Cet homme fit d'important contribution à l'hydrodynamique et à la dynamique des fluides. Osborne Reynolds est à l'origine du **Nombre de Reynolds** (cf 4). La contribution au mécanique des fluides a aidé a rér des modèles de navire à petite échelle.

3. Un jet Laminaire ou Turbulent

Un jet d'eau peut être sous différents états, il peut être Laminaire, Transitoire ou Turbulent.

Le phénomène Laminaire ou turbulent est du à la direction de l'écoulement du fluide. Un jet d'eau laminaire signifie que l'ensemble du fluide s'écoule plus ou moins dans la même direction, sans que les différences locales se contrarient. Deux particules de fluide voisines à un instant donné restent voisines aux instants suivant, il y a une sorte de direction constante.

En opposition au régime turbulent, où l'ensemble du fluide ne se dirige pas dans la même direction mais sont fait de tourbillon, ce qui produit un jet qui a l'air d'aller dans tous les sens lors de sa sortie d'un tube. Il n'y a donc pas de direction constante pour les différentes particules de fluide d'un jet d'eau Turbulent.



Le jet d'eau turbulent permet de mieux dissiper l'énergie cinétique plus efficacement qu'un écoulement laminaire.

Pour un jet d'eau turbulent, l'énergie cinétique fournie à l'écoulement à grande échelle (la taille de l'écoulement) est transmise vers les petites échelles par le mécanisme de **cascade d'énergie** : les mouvements en forme de tourbillons à grande échelle vont générer des mouvement en forme de tourbillons à plus petite échelle, qui vont à leurs

tours générer des mouvement en forme de tourbillons a plus petites échelle etc... . Ce processus de cascade d'énergie se termine finalement lorsque les mouvements en forme de tourbillons de très petite taille sont dissipés en chaleur sous l'effet de la viscosité moléculaire. La dissipation a donc lieu par transfert d'énergie vers les petites échelles dans un écoulement turbulent. Ce n'est pas le cas du jet d'eau laminaire où la dissipation se fait directement à grande échelle.

Donc la dissipation d'énergie cinétique se fait plus vite mais moins efficacement dans un jet d'eau Laminaire, et dans le cas contraire, pour le jet d'eau Turbulent, la dissipation d'énergie se fait moins vite mais plus efficacement.

Néanmoins, l'écoulement laminaire est généralement celui qui est recherché lorsque l'on veut faire circuler un fluide dans un tuyau car il y a moins de perte de charge (dissipation de l'énergie mécanique d'un fluide en mouvement).

4. Sa découverte

Grâce a son étude sur la dynamique des fluides, Monsieur Reynolds a créé le **nombre de Reynolds** en 1883 qu'il a introduit dans son article *An Experimental Investigation of the Circumstances Which Determine Whether the Motion of Water in Parallel Channels Shall Be Direct or Sinuous and of the Law of Resistance in Parallel Channels*. Le nombre de Reynolds caractérise un écoulement et en particulier la nature de son régime (laminaire, transitoire ou turbulent).

Le nombre de Reynolds représente le rapport entre les forces d'inertie et les forces visqueuses.

On le définit de la manière suivante :

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu}$$

Avec :

- ρ , la masse volumique du fluide (en kg/m³)
- V, la vitesse caractéristique du fluide (m/s)
- D, le diamètre du tube (m)
- μ , la viscosité dynamique du fluide (kg/ (m-s))

Or nous avons quelques valeurs qui resteront la même lorsque l'on travaille avec l'eau, tel que ρ , la masse volumique de l'eau, qui est 997 (kg/m³), ou encore μ , la viscosité dynamique de l'eau qui est de 0.001 (kg/ (m-s)).

Nous devons donc juste trouver le diamètre du tube et la vitesse caractéristique du fluide qui est le débit (à trouver à l'aide d'un débit mètres par exemple).

Ce nombre de Reynolds nous permet de trouver si un jet est laminaire, Transitoire ou Turbulent de façon calculatoire. Plus le nombre de Reynolds est petit, plus il a de chance d'être Laminaire. Le nombre de Reynolds a donc un encadrement qui nous permet de savoir quel est le régime de l'écoulement de l'eau :

- Si le nombre de Reynolds est inférieur à 1000, le jet d'eau est **Laminaire**.
- Si le nombre de Reynolds est compris entre 1000 et 2000, le jet d'eau est **Transitoire**.
- Si le nombre de Reynolds est supérieur à 2000, le jet d'eau est **Turbulent**.

5. L'expérience de Reynolds

L'expérience de Reynolds consiste à faire entrer un colorant de part une aiguille dans un tube où il y a présence d'eau en constante activité (courant). Cette expérience consiste à montrer qu'un jet d'eau (ou de colorant, même viscosité) peut être laminaire dans l'air et dans l'eau. Elle nous permet aussi de voir un filet de colorant laminaire sur une grande longueur sans avoir nécessairement une grosse pression, d'où la présence d'eau en constante activité.



Lorsque la vitesse du filet coloré et de l'eau (qui doivent avoir la même vitesse) est faible, le liquide coloré suit une trajectoire rectiligne, parallèle à l'axe du tube. Chaque élément de fluide se déplace en ligne droite, parallèle aux parois solides qui le guident. C'est ce que l'on appelle le jet d'eau (ou écoulement) Laminaire



Lorsque la vitesse commune du filet coloré et du liquide principale est élevée, le mouvement du liquide coloré devient plus complexe, va dans toutes les directions et varie dans le temps et dans l'espace, en direction et en intensité. De plus, le liquide coloré perd son identité, il est dispersé dans le liquide transparent. C'est ce que l'on appelle le jet d'eau (ou écoulement) Turbulent

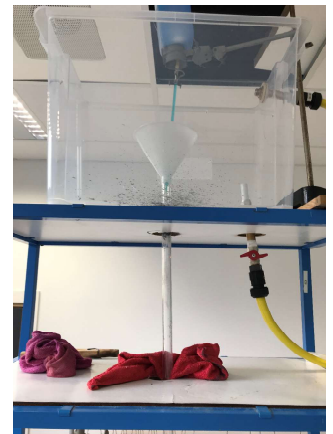


Pour la construction de l'expérience de Reynolds, nous avons eu besoin de différents matériaux, qui sont :

- Étagère sur roulette.
- Tuyaux d'arrosage.
- Embout de tuyau d'arrosage.
- Une valve (pour gérer l'écoulement de l'eau qui sort).
- Potences.
- Long tube en PVC verre, 60 cm de longueur et 2,5 cm de diamètre.
- Une caisse en plastique.
- Entonnoir.
- Un récipient (pour le colorant).
- Une pince de Mohr.
- Fin tube en verre, 30 cm de longueur et 1 cm de diamètre.
- Aiguille de seringue.
- Silicone.
- Perceuse.

Nous avons d'abord fait l'expérience avec le tube en PVC verre de façon à l'avoir parallèle au sol, mais nous avons dû changer de méthode car le tube ne se remplissait pas entièrement (présence de bulle). Nous avons donc opté pour une autre façon, nous avons mis le tube en PVC verre perpendiculaire au sol.

Nous avons d'abord percé des trous dans notre étagère sur roulette afin de pouvoir faire passer le Tube en PVC verre et l'arrivée d'eau en travers celle-ci. Nous avons ensuite percé des trous dans notre bac en plastique, un trou au milieu du fond pour faire passer de 10 cm le tube en PVC verre, un trou sur le fond plus à droite pour pouvoir faire l'arrivée d'eau, et enfin, un trou sur la face droite du bac, en hauteur, pour garder un niveau d'eau constant. Nous avons ensuite positionné un entonnoir sur le haut du tube en PVC verre, dans le bac en plastique, pour pouvoir faire entrer l'aiguille reliée au récipient pour colorant, par le tube en verre de 30 cm de longueur. Nous avons fixé le récipient et le tube en PVC verre grâce à 2 potence.



Nous avons ensuite positionné le tube en PVC verre et le récipient à colorant que nous avons fixé grâce à des potences et fait l'étanchéité avec grâce au silicopne. Nous avons aussi mis l'arrivée d'eau que nous avons fixé avec de la colle et fait l'étanchéité grâce à du silicone. Pour finir, nous avons mis au bout du tuyau relié à l'arrivée d'eau l'embout pour pouvoir relier le tuyau au robinet, et nous avons positionné la valve pour gérer l'écoulement de l'eau qui sort à l'extrémité du tuyau de sortie de l'eau positionné à l'extrémité du tube en PVC verre.



III) Observation du jet d'eau Laminaire avec le stroboscope

1. Qu'est ce qu'un stroboscope

Le stroboscope est une source de lumière intermittente, c'est-à-dire qu'elle envoie des flash de lumières 1 par 1 dont le temps de ce flash est minim. Il produit donc une alternance de phases lumineuses (flashes) et de phase obscures. Le stroboscope était initialement composé d'une lampe flash xénon (ou tube à éclair), il est désormais de plus en plus composé par des diodes électroluminescentes (DEL).

Le premier stroboscope électrique est fabriqué en 1917 par l'ingénieur français Etienne Oehmichen. Peu après, il mettra au point une caméra capable de saisir 1000 images par secondes. Le phénomène du stroboscope est donc utilisé par d'autre domaine que la lumière, comme par exemple la photographie ou encore le domaine militaire pour les marquages infra-rouge de cibles.

2. Expérience avec le stroboscope

Lorsque nous avons fini notre canon à jet d'eau Laminaire, nous avons pensée à un idée, serait-il possible de faire « léviter » le jet d'eau formé laminairement. Car lorsque nous regardons notre écoulement Laminaire, nous le voyons comme figé dans le temps, nous avons donc réfléchi si il était possible de mieux voir cette écoulement.

Nous avons donc pensé à voir l'écoulement comme images par images, nous avons donc pensé au Stroboscope.

Nous avons donc placé le canon à jet d'eau Laminaire perpendiculaire au sol, puis nous avons placé en dessous de celui-ci, un bac qui servira de récupération de l'eau. Nous avons ensuite fait couler le jet d'eau Laminaire et fait marcher le stroboscope. Nous avons observé et le résultat n'était pas totalement celui voulu. Nous ne voyons pas goutte par goutte.



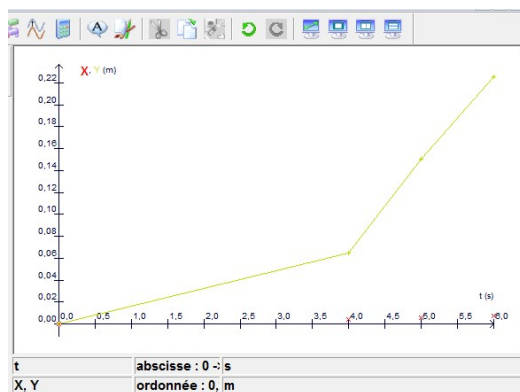
Nous avons donc pensé à faire vibrer légèrement l'écoulement pour le ralentir, ce qui nous a amené à placer un haut parleur perpendiculairement à l'écoulement. Le résultat fut celui voulu, il fut même encore mieux. Les gouttes étaient comme figées, et à une certaine fréquence, elles paraissaient même remonter vers le canon.



IV) Expérience à grand et petit nombre de Reynolds

1. Expérience à grand nombre de Reynolds

Grd	t	X	Y
Unité	s	m	m
1	0,000	0,000	0,000
2	4,000	0,004	0,065
3	5,000	0,006	0,150
4	6,000	0,007	0,226



2. Expérience à petit nombre de Reynolds

Conclusion

L'expérience du canon à jet d'eau Laminaire nous a permis de construire nous même notre jet d'eau Laminaire. Cela nous a permis de faire différente expérience comme calculer le nombre de Reynolds du jet pour prouver qu'il est laminaire. Construire notre canon a jet d'eau Laminaire nous a permis aussi de comprendre mieux le phénomène et de pouvoir approfondir en prouisant nous même l'expérience du grand physicien Osborne Reynolds. La production de l'expérience de Reynolds nous a permis de voir que le phénomène Laminaire ne se produisait pas que dans l'air avec de l'eau, mais que c'est un phénomène de plus gande taille, associé a différents domaine (militaire, avion, etc...).

Faire les olympiade nous a permis d'approfondir nos connaissances et de pouvoir réaliser un gros projet sur une longue durée, ce qui nous a appris à travailler en groupe et en autonomie sur les heures d'AP.