

LABORATOIRE DE MATHÉMATIQUES
JEAN LERAY

MATH.EN.JEAN

L'eau dans tous ses états (ou presque)

Samuel ETOURNEAU

Collège PAUL LANGEVIN

Collège JEAN ROSTAND

Septembre 2022

Introduction

Tout la monde aime les pâtes, encore faut-il qu'elle soient cuites correctement, et pour ça on doit « faire bouillir de l'eau » comme on peut lire sur la totalité des paquets de pâtes. Mais à quelle température l'eau bout-elle ?

Si vous avez en tête 100°C comme réponse à la question précédente, vous découvrirez au travers de ce sujet que cette réponse n'est pas tout à fait exacte... Intrigué ? Alors lançons-nous dans la construction du diagramme de phase de l'eau !

1 Ça va chauffer !

Dans un premier temps commençons simple avec l'expérience suivante :

- Remplir une casserole d'eau¹.
- Faites chauffer la casserole.
- Notez vos observations, qui doivent recouvrir 3 phases distinctes.



1. Comment expliquez-vous la deuxième phase ?
2. Qu'elle différence y a-t-il entre la deuxième et troisième phase ?
3. Comment expliquez-vous cette différence ?

1. Rajouter du sel c'est bon quand on veut faire des pâtes, ici on expérimente alors pas de sel !

2 Il ne faut pas trop se mettre la pression...

Imaginons que je pose ma main entre vos deux omoplates et que je me mette à pousser petit à petit, que se passe-t-il ?

Au début aucun problème vous tenez debout. Ensuite vous entrez dans une phase où vous devez « forcer » afin de rester debout. Puis quand je pousse trop fort vous tombez¹.

C'est exactement la même chose avec l'eau, en chauffant celle-ci va, en partie, passer à l'état gazeux et former des bulles visibles au fond de la casserole. Mais l'air dans la pièce l'air exerce en permanence une pression sur l'eau, comme celle-ci est incompressible² elle exerce cette même pression sur les bulles, les empêchant alors de remonter à la surface. Finalement il faut attendre que les bulles « poussent » suffisamment fort pour commencer à s'échapper ce qui conduit à l'ébullition de l'eau !



Mais dans ce cas que se passe-t-il si l'on change la pression ambiante ? Vérifions tout de suite à l'aide de l'expérience suivante :

- Remplir un récipient avec de l'eau.
- Faites chauffer jusqu'à ébullition.
- Mettre de côté et attendre que l'ébullition s'arrête.
- Placer le récipient dans une cloche sous-vide.
- Faites baisser la pression en actionnant la pompe sous-vide.

4. Que remarquez-vous ? Comme pouvez-vous l'expliquer ?

1. Cette expérience doit être réalisée par des professionnels, ne pas renouveler chez soi !

2. C'est d'ailleurs pour ça qu'une presse hydraulique est si efficace !

3 Donner de votre mieux

Jusqu'ici nous avons compris que l'ébullition est un phénomène qui apparaît lorsque les conditions de températures ET de pressions favorables sont réunies. Cela signifie que pour une pression P donnée, il existe une température au-delà de laquelle l'eau bout, c'est ce que l'on appelle la température d'ébullition à la pression P et on la note T_P .

À présent nous aimerions avoir plus d'information et obtenir un tableau contenant pour différentes valeur de P la valeur T_P correspondante. Deux possibilités s'offre à vous :

- Si vous avez la possibilité de faire chauffer de l'eau (en mesurant la température...) dans un environnement à pression fixe (cloche sous-vide), alors vous pouvez expérimentalement obtenir le tableau que l'on cherche.
- Sinon vous pouvez vous rendre sur https://www.engineeringtoolbox.com/boiling-point-water-d_926.html ainsi que sur https://www.engineeringtoolbox.com/water-evacuation-pressure-temperature-d_1686.html pour les « petites » pression. Vous y trouverez les données dont vous aurez besoin.

Une fois le tableau en votre possession, je pense que vous conviendrez avec moi que tout cela n'est pas très clair... Afin d'y voir un peu mieux, nous allons tracer un graphique, pour cela on utilisera un tableur qui permettra d'obtenir la courbe que l'on cherche.

5. Obtenir le tableau de données par une méthode ou l'autre.
6. Tracer alors la pression en fonction de la température d'ébullition.

Pour le moment nous n'avons eu des interactions qu'avec l'eau sous forme liquide et sous forme gazeuse¹. Enfaîte on comprends que de même pour une pression P donnée on peut déterminer une température de fusion² à la pression P que l'on note F_P . Cette fois pour obtenir les valeurs nous utiliserons le site https://www.engineeringtoolbox.com/water-melting-temperature-point-pressure-d_2005.html.

7. Obtenir le tableau de données quant à la température de fusion.
8. Tracer alors la pression en fonction de la température de fusion.
9. Regrouper tous les résultats sur un seul et même graphique.

4 L'épreuve du feu !

Avant de conclure je vous propose une dernière expérience à réaliser avec précaution.

- Remplir une bouteille en verre à la moitié.
 - Faites bouillir l'eau dans la bouteille en utilisant un bain-marie par exemple.
 - Laissez l'eau bouillir 1minute puis fermez la bouteille et laissez-la refroidir un peu (10 – 15minutes).
 - Passez la bouteille sous l'eau d'un robinet.
10. Qu'observez-vous ? Comment pouvez-vous l'expliquez ?
 11. Que se passe-t-il si vous laissez la bouteille sous l'eau du robinet encore et encore ?
 12. Comment l'expliquez-vous ?

1. Non je ne parle pas de Quézac™!
2. Passage de l'état solide à l'état liquide.