Dans l'espace, l’eau ça bout ou ça gèle ?

Agathe ROGER
3ème 3

Lenn HERPE
3ème 1

Anaëlle LUTELLIER
3ème 3

Chloé LEGRAIN
3ème 6

Contexte et résumé du projet

MATh.en.JEANS a pour but de développer des actions de jumelage entre un mathématicien et des établissements scolaires, afin de mettre les jeunes en situation de recherche, permettre aux élèves comme à leurs parents de se faire une autre image des mathématiques que celle d'une discipline scolaire sélective ou de champ scientifique strict et achevé

Dans le cadre de Math.en.Jeans, notre groupe composé de 4 élèves de 3ème souhaitait travailler sur un sujet exploitable en sciences expérimentales .

Samuel Etourneau, le chercheur du laboratoire Jean Leray, qui nous accompagne a relevé ce défi et nous avons suivi le fil conducteur qu'il nous a proposé ! Les titres de nos différentes parties sont celles de ce fil conducteur.

Sujet proposé pour MathEnJeans par

Samuel Etourneau

Chercheur du laboratoire Jean Leray

Sommaire

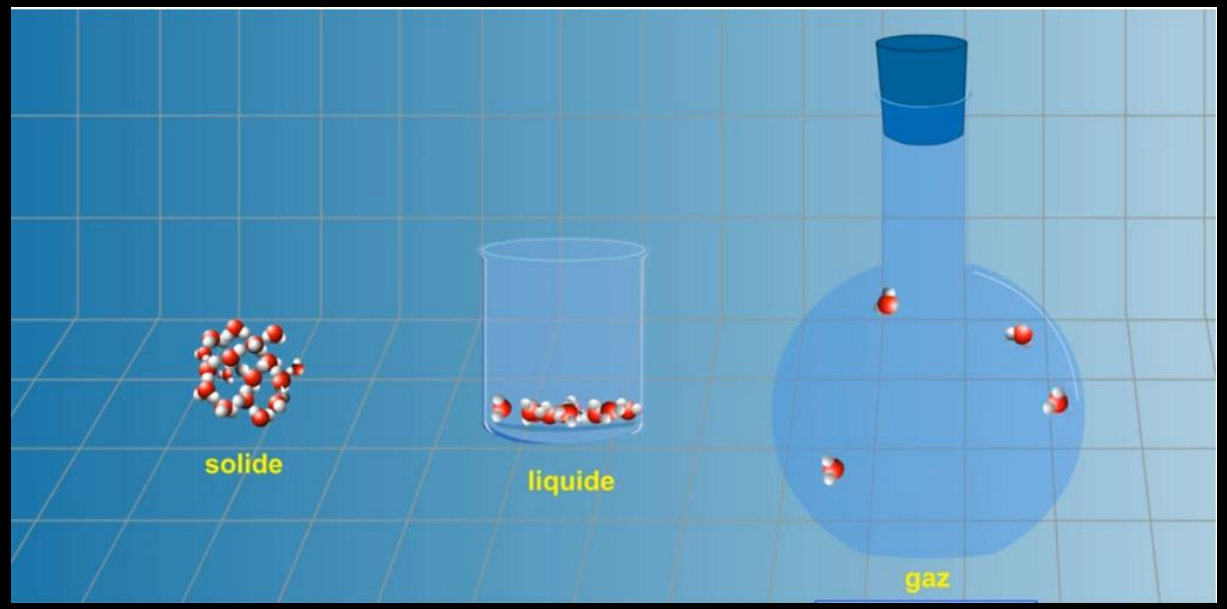
- 0. introduction
- I. Ça va chauffer
- II. Il ne faut pas se mettre trop la pression...
- III. Donnez de votre mieux
- IV. L'épreuve du feu
- v. Conclusion

0. Introduction

Pourquoi l'eau liquide est-elle indispensable à la vie ?

Nous avons tout d’abord fait des recherches pour répondre à cette question et nous avons notamment trouvé que les individus sont composés au 2/3 d'eau.

Notre plasma (partie liquide du sang) a une composition proche de l'eau de mer.



Nous nous sommes aussi souvenus de nos cours de physique chimie décrivant l’organisation des molécules d’eau dans les 3 états de la matière et notamment des molécules d’eau

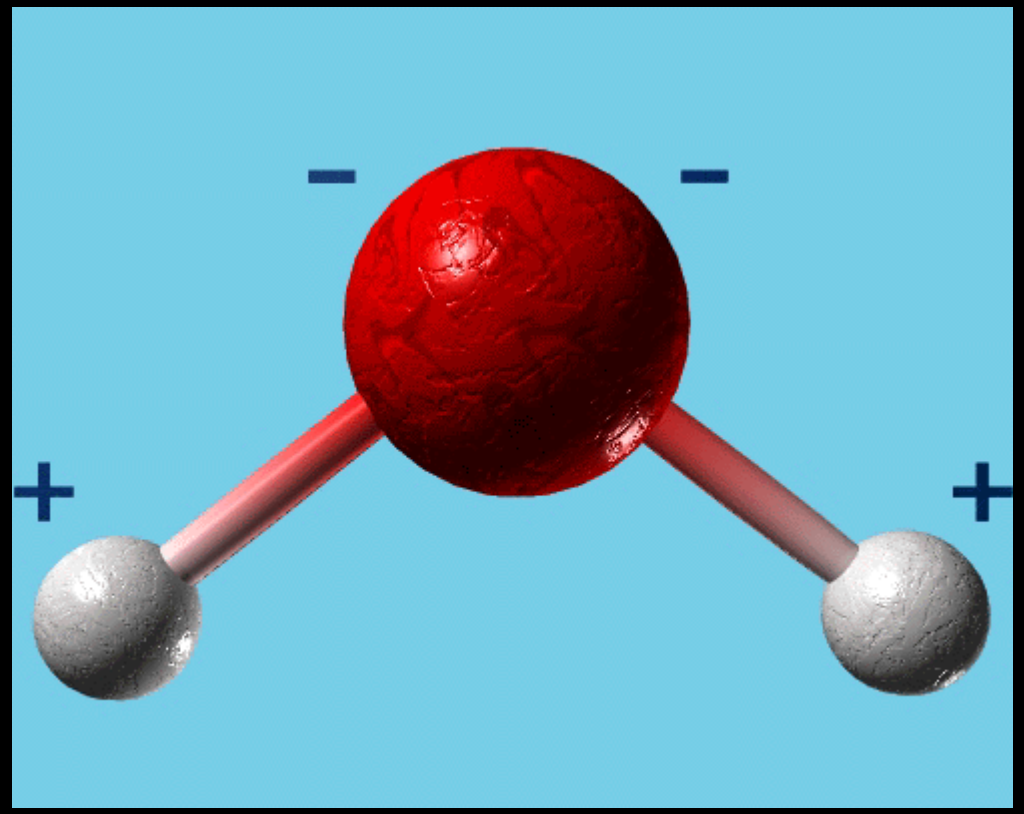
Cela nous a permis de comprendre que :

- dans les solides, les molécules ne peuvent pas se déplacer -> faute de contact, aucune réaction chimique ne peut avoir lieu.

- Les molécules de gaz sont extrêmemnt dispersées, les molécules se rencontrent rarement -> les réactions chimiques sont plus rares donc moins efficaces qu'avec l'eau liquide.

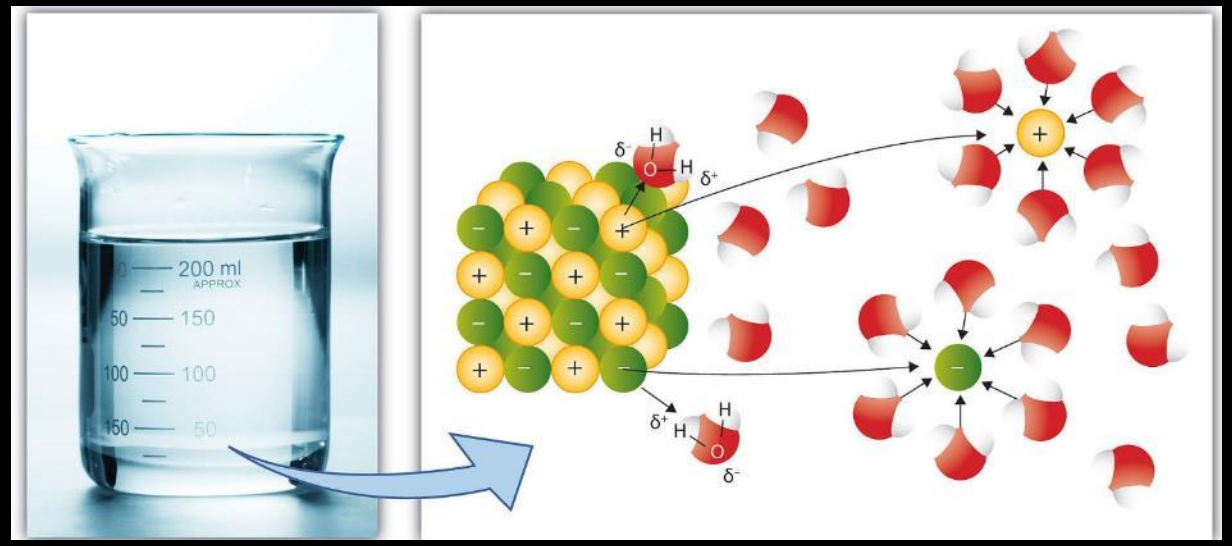
- Seule l'eau liquide peut engendrer les réactions chimiques nécéssaires à la vie.

Eau molécule « polaire »



L'eau est une molécule polaire (1 côté - / un côté +), elle peut donc se "coller" au autres molécules grâce à l'attraction électrostatique

Exemple d’application pratique : dissolution du sel dans l’eau



I. Ça va chauffer

Observations

Nous avons commencé par observer de l’eau que nous mettions à chauffer.

Nous avons vu qu’il se forme d’abord de petites bulles qui semblent partir du fond du récipient. Les grosses bulles caractérisant ce qu’on appelle l’ébullition n’arrivent que plus tard

Questions

- C'est quoi les petites bulles avant l'ébullition ?
- Que veut dire bouillir ?
- C'est quoi les bulles lors de l'ébullition ?

Réponses

Dans l'eau, il faut savoir qu'on trouve du dioxygène qui est dissout dans celle -ci. Lorsque la température de l'eau s'élève, la solubilité du dioxygène dans l'eau diminue et le dioxygène s'échappe et forme les premières bulles. Quand l'eau atteint 40° les molécules de dioxygène dissoutes dans l'eau remontent à la surface.

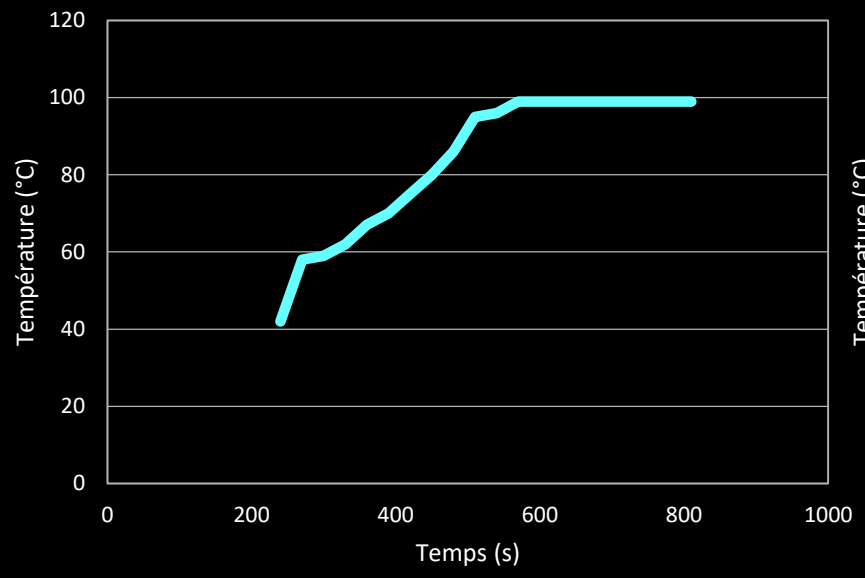
Quand la température atteint 100°C l'eau change d'état pour devenir gaz. C'est ce gaz, de la vapeur d'eau, qui forme les bulles suivantes. Celles de l'ébullition.

Bouillir = s'agiter en formant des bulles

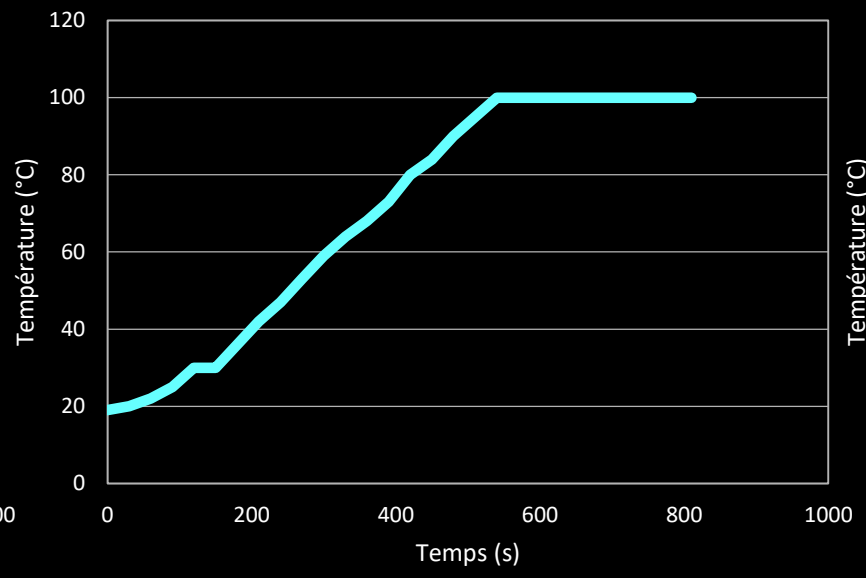
Mesures

Que se passe-t-il si on fait varier différents paramètres ? (ex : forme des récipients, thermomètres, température de l'eau au départ, type d'eau...)

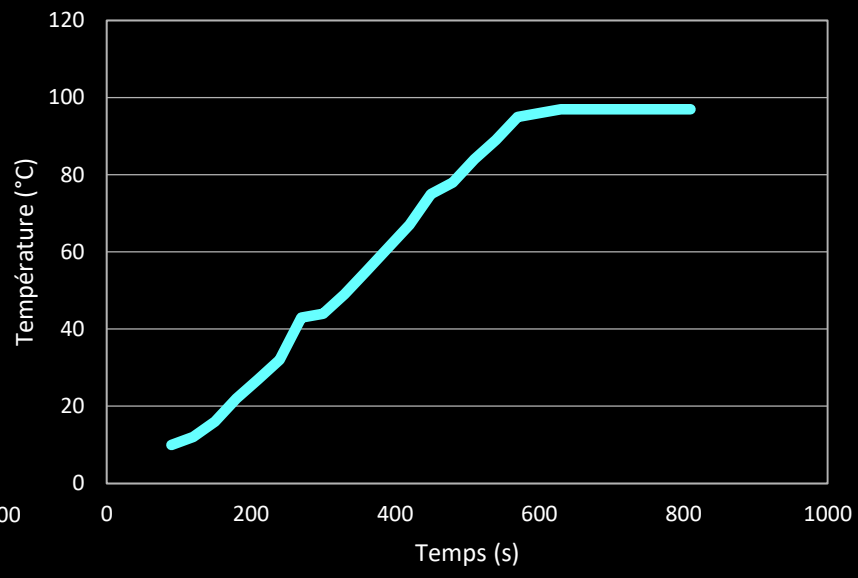
V=200mL **eau du robinet** température ambiante



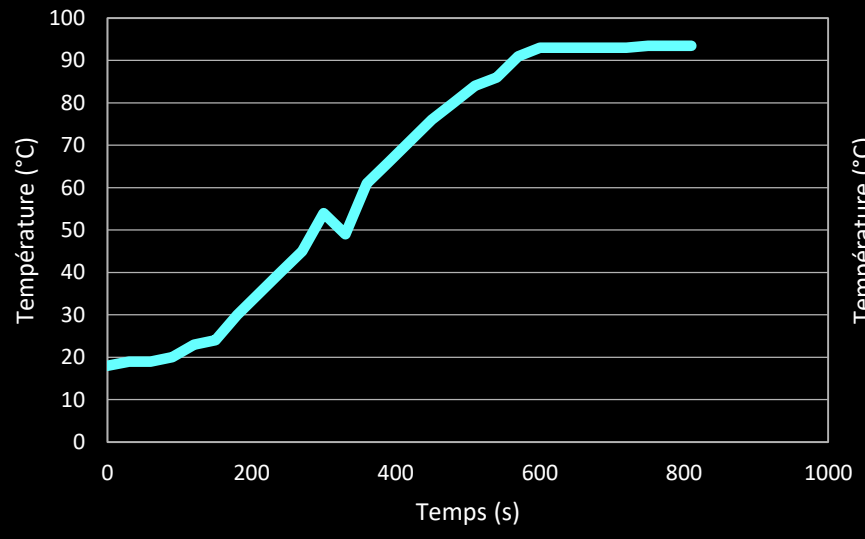
V=200mL **eau déminéralisée** température ambiante



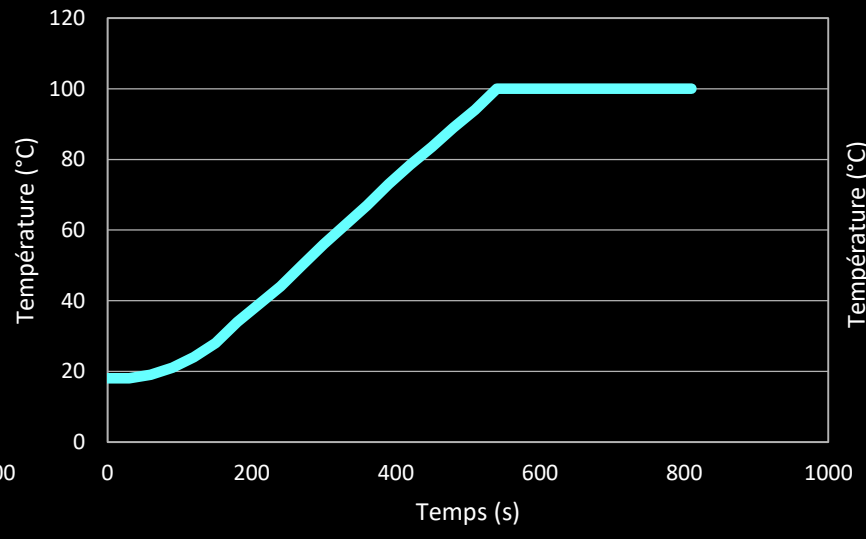
V=200mL **eau froide** déminéralisée



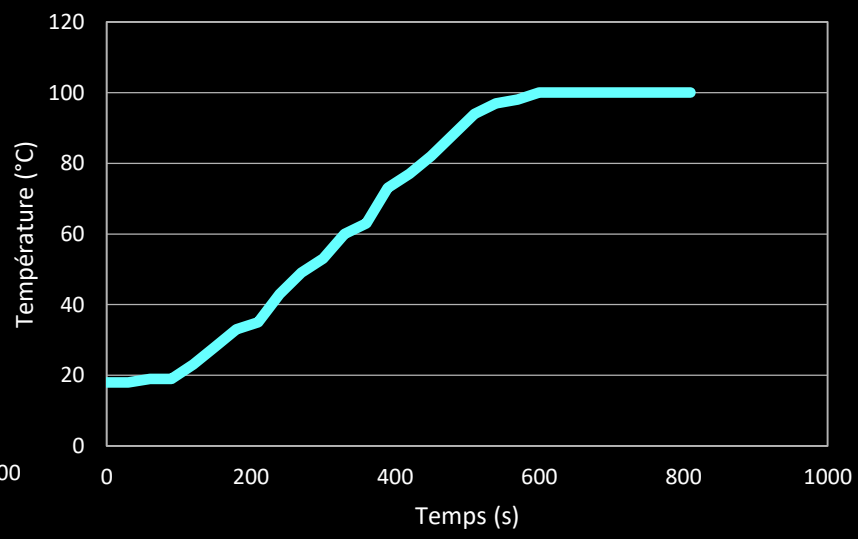
V=200mL eau du robinet température ambiante dans un **bécher**



V=200mL eau déminéralisée température ambiante **thermomètre mercure**



V=200mL eau robinet température ambiante dans un **erlenmeyer**



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

Par définition, pression = action de presser ou de pousser avec effort

Pression atmosphérique = pression exercée par la couche d'air en un lieu donné

Pression atmosphérique « normale » =1013hPa = 1,013 bar = 1atm

Plusieurs unités de pression co-existent, nous utiliserons le « bar » ou « hPa » (1bar =10^5 Pa=100hPa)

En altitude, pression atmosphérique diminue, car la quantité d'air diminue

Observations

Nous nous sommes équipés d’une cloche à vide accompagnée de sa pompe à vide et nous avons observé ce qui se passe lorsqu’on introduit sous la cloche de l’eau préalablement chauffée mais pas portée à ébullition.

Lien vidéo : Reprise de l'ébullition sous la cloche à vide

Question

- Pourquoi l'ébullition reprend-t-elle ?

Réponse

L’eau commence à bouillir lorsque la pression de la vapeur d’eau qui se forme devient égale à la pression qui s’exerce sur l’eau (pression atmosphérique).
Si cette dernière diminue, la température d’ébullition de l’eau diminue également.

III. Donnez de votre mieux

Le sujet de Samuel Etourneau nous proposait à ce stade de comprendre l’évolution de la température en fonction de la pression et de tracer le graphique (P;T).

Nous devions pour cela essayer de faire des mesures ou utiliser des bases de données qu'il nous fournissait.

Pour prendre des mesures sous la cloche à vide, il nous fallait imaginer un système avec des capteurs pouvant communiquer avec « l’extérieur » de la cloche.

La prise de mesures

Module de prise de mesure conçu pour pouvoir prendre la mesure de température et de pression sous la cloche.

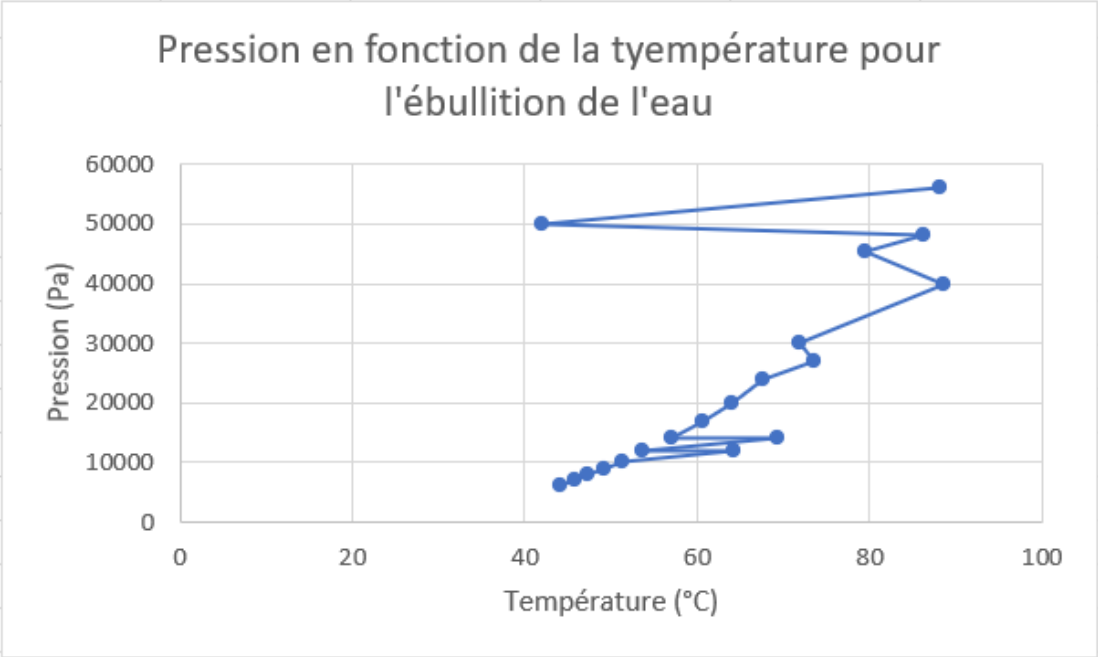
Communication avec tablette par wifi intégré au module de prise de mesures.

Mesures faîtes à différentes températures et prises dès que l’eau se remet à bouillir sous la cloche.

Nos graphiques

Graphique réalisé avec toutes nos mesures

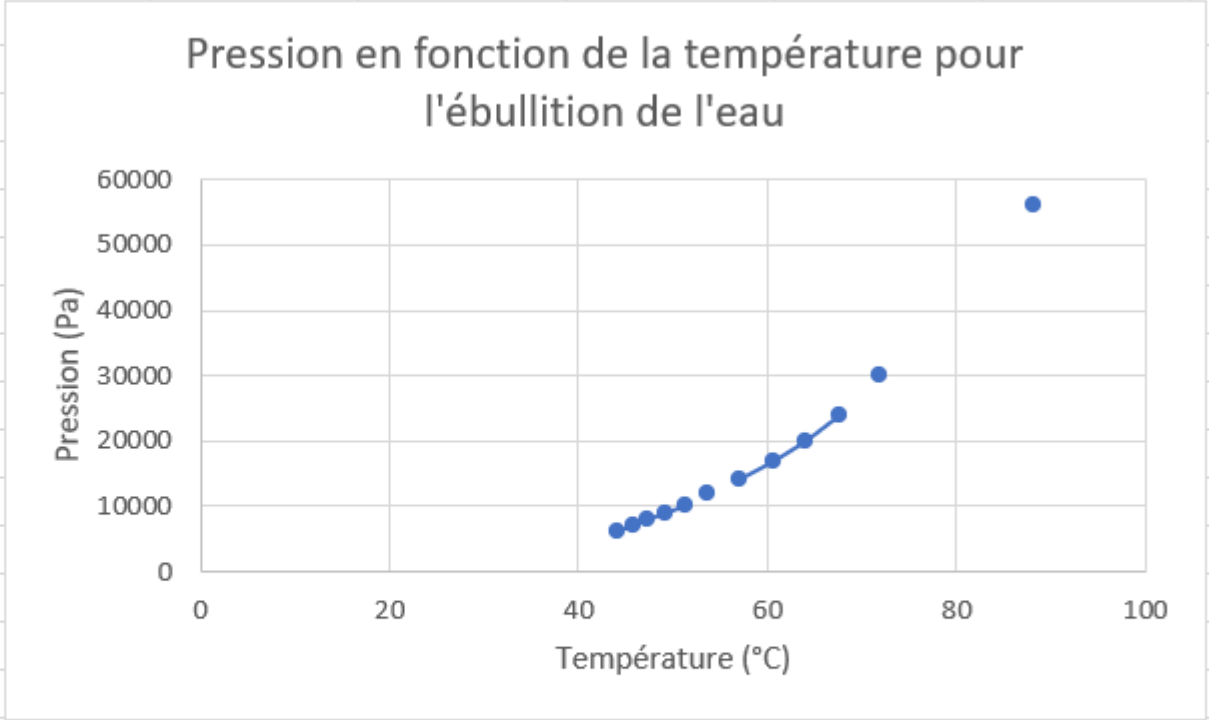
température (	Pression (P)
44,06	6000
45,81	7000
47,38	8000
49,31	9000
51,31	10000
64,25	12000
53,69	12000
69,44	14000
57,13	14000
60,63	17000
64,06	20000
67,75	24000
73,62	27000
71,87	30000
88,69	40000
79,44	45500
86,37	48000
41,94	50000
88,12	56000



Nos graphiques

Graphique réalisé en enlevant nos mesures incohérentes

température (	Pression (P)
44,06	6000
45,81	7000
47,38	8000
49,31	9000
51,31	10000
53,69	12000
57,13	14000
60,63	17000
64,06	20000
67,75	24000
71,87	30000
88,12	56000



Nos projets de nouvelles mesures :

Nous manquons de temps mais si nous dégageons un peu de temps nous pourrions :

- refaire au moins une série de mesures en diminuant la pression
- essayer d'augmenter la pression dans la cloche à vide avec une pompe à vélo par exemple

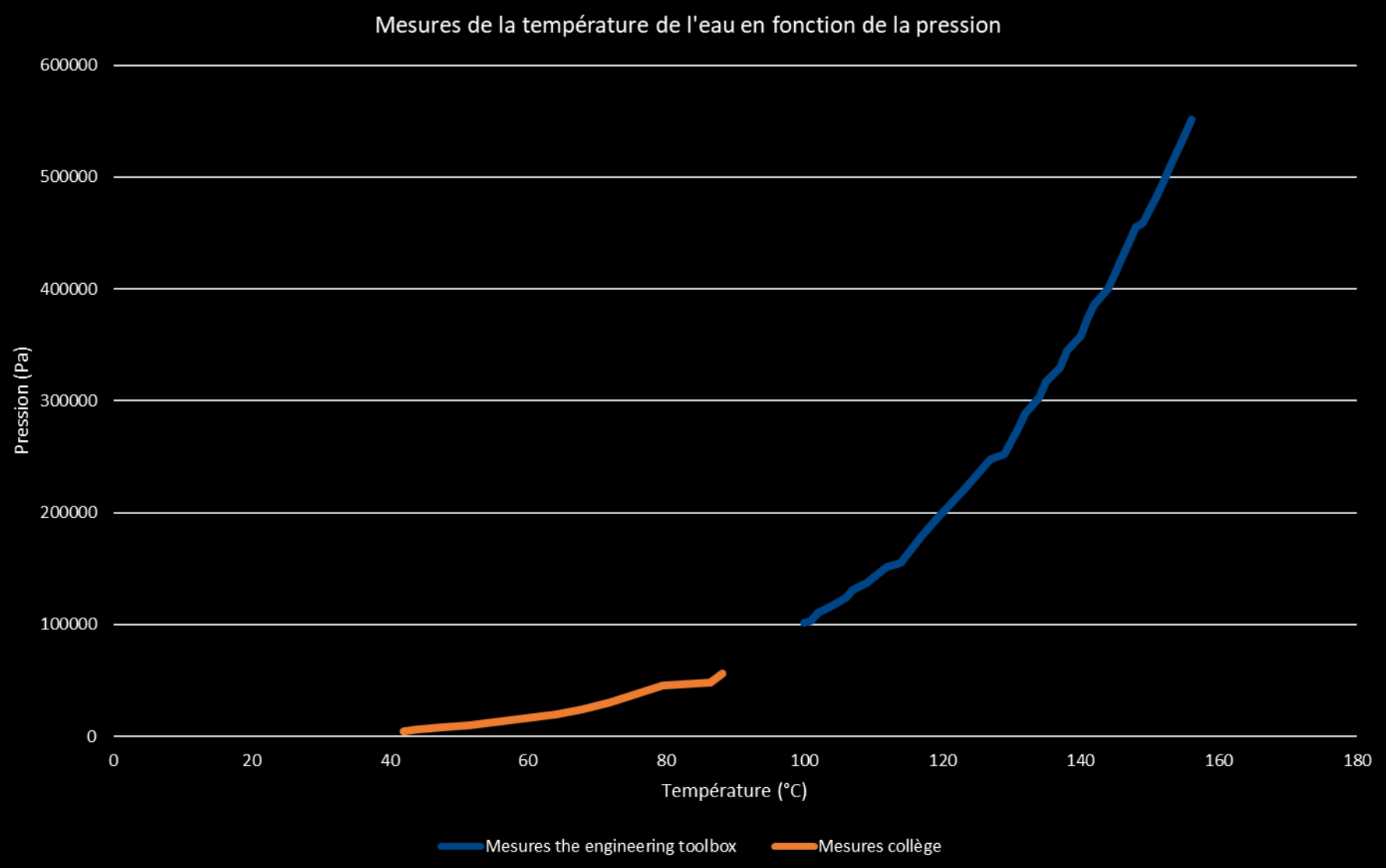
La base de données fournie par "notre" chercheur

Absolute pressure				Water boiling point	
[bara] [1x10^5*Pa]	[psia]	[mm Hg]	[in Hg]	[°C]	[°F]
1.013	14.7	760	29.92	100	212
1.034	15.0	776	30.54	101	213
1.103	16.0	827	32.58	102	216
1.172	17.0	879	34.61	104	219
1.241	18.0	931	36.65	106	222
1.310	19.0	983	38.68	107	225
1.379	20.0	1034	40.72	109	228
1.517	22.0	1138	44.79	112	233
1.655	24.0	1241	48.86	114	238
1.793	26.0	1345	52.94	117	242
1.931	28.0	1448	57.01	119	246
2.068	30.0	1551	61.08	121	250
2.206	32.0	1655	65.15	123	254
2.344	34.0	1758	69.22	125	258
2.482	36.0	1862	73.30	127	261
2.620	38.0	1965	77.37	129	264
2.758	40.0	2069	81.44	131	267
2.896	42.0	2172	85.51	132	270
3.034	44.0	2275	89.58	134	273
3.172	46.0	2379	93.66	135	276
3.309	48.0	2482	97.73	137	279
3.447	50.0	2586	101.8	138	281
3.585	52.0	2689	105.9	140	284
3.723	54.0	2793	109.9	141	286
3.861	56.0	2896	114.0	142	288
3.999	58.0	2999	118.1	144	291
4.137	60.0	3103	122.2	145	293
4.275	62.0	3206	126.2	146	295
4.413	64.0	3310	130.3	147	297
4.551	66.0	3413	134.4	148	299
4.688	68.0	3517	138.4	149	301
4.826	70.0	3620	142.5	151	303
4.964	72.0	3723	146.6	152	305
5.102	74.0	3827	150.7	153	307
5.240	76.0	3930	154.7	154	309
5.378	78.0	4034	158.8	155	310

Cette base de données est complexe, nous avons dû nous l'approprier et extraire des mesures utiles pour tracer les « morceaux » de courbes que nous ne pouvions pas obtenir avec nos mesures

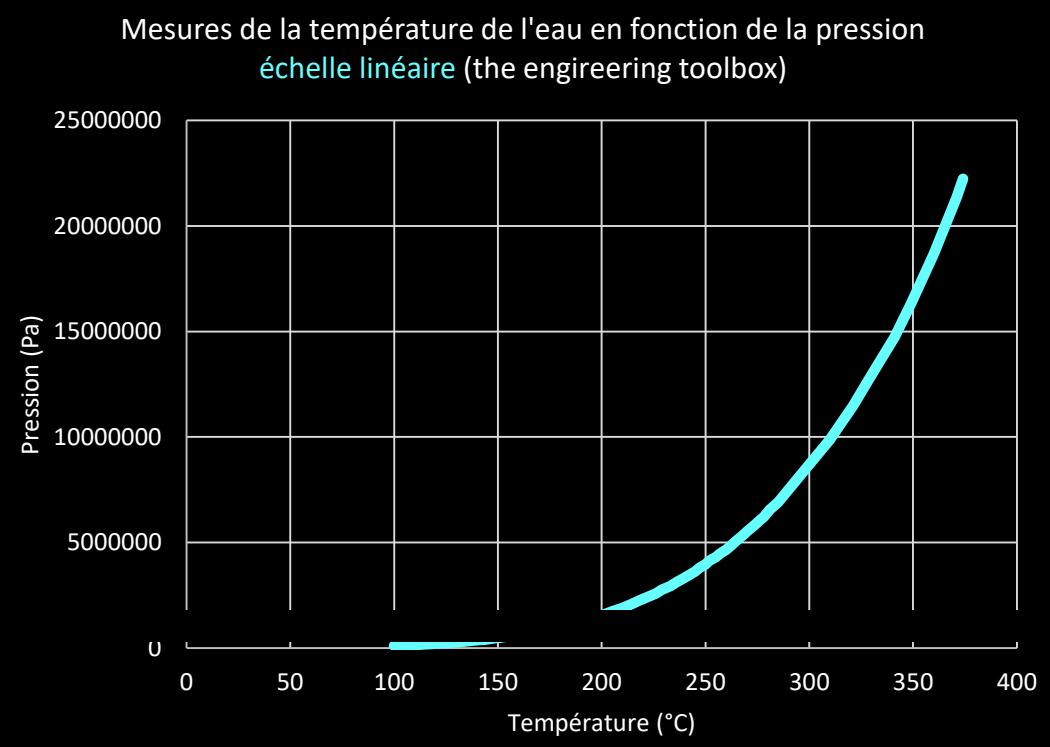
Pressure					Temperature	
[MPa]	[bara]	[psia]	[mm Hg]	[in Hg]	[°C]	[°F]
0.000612	0.00612	0.089	4.59	0.18	0.01	32.02
0.1	1.01325	14.7	750	29.5	0.0026	32.00
1	10	145	7501	295	-0.064	31.88
2	20	290	15001	591	-0.14	31.75
5	50	725	37503	1476	-0.37	31.33
10	100	1450	75006	2953	-0.75	30.65
15	150	2176	112509	4429	-1.14	29.95
20	200	2901	150012	5906	-1.54	29.23
30	300	4351	225019	8859	-2.36	27.75
40	400	5802	300025	11812	-3.21	26.22
50	500	7252	375031	14765	-4.09	24.64
60	600	8702	450037	17718	-5.00	23.00
70	700	10153	525043	20671	-5.94	21.31
80	800	11603	600049	23624	-6.91	19.56
90	900	13053	675056	26577	-7.91	17.76
100	1000	14504	750062	29530	-8.94	15.91
120	1200	17405	900074	35436	-11.09	12.04
140	1400	20305	1050086	41342	-13.35	7.97
160	1600	23206	1200099	47248	-15.73	3.69
180	1800	26107	1350111	53154	-18.22	-0.80
200	2000	29008	1500123	59060	-20.83	-5.49

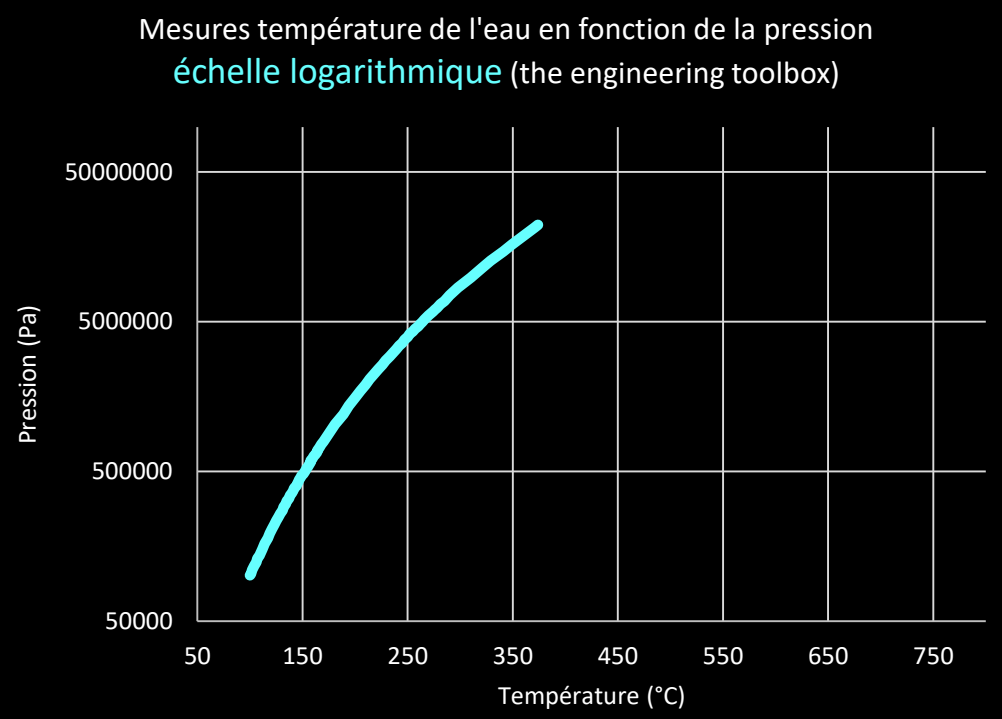
Premiers résultats en mettant »bout à bout » nos mesures et celles trouvées dans la base de données pour l'ébullition

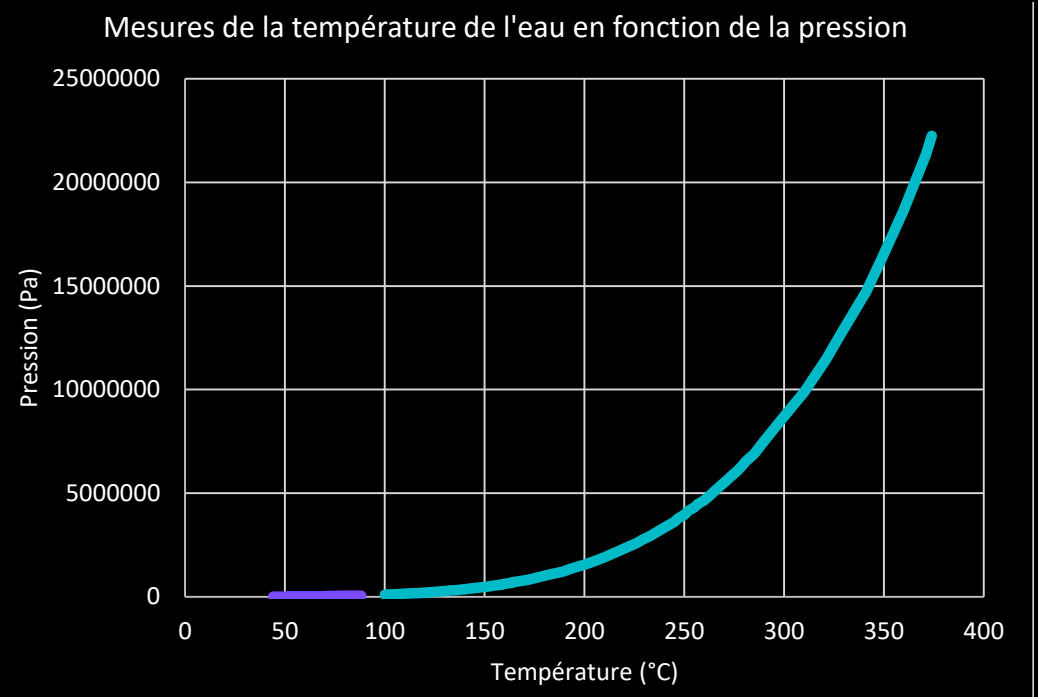


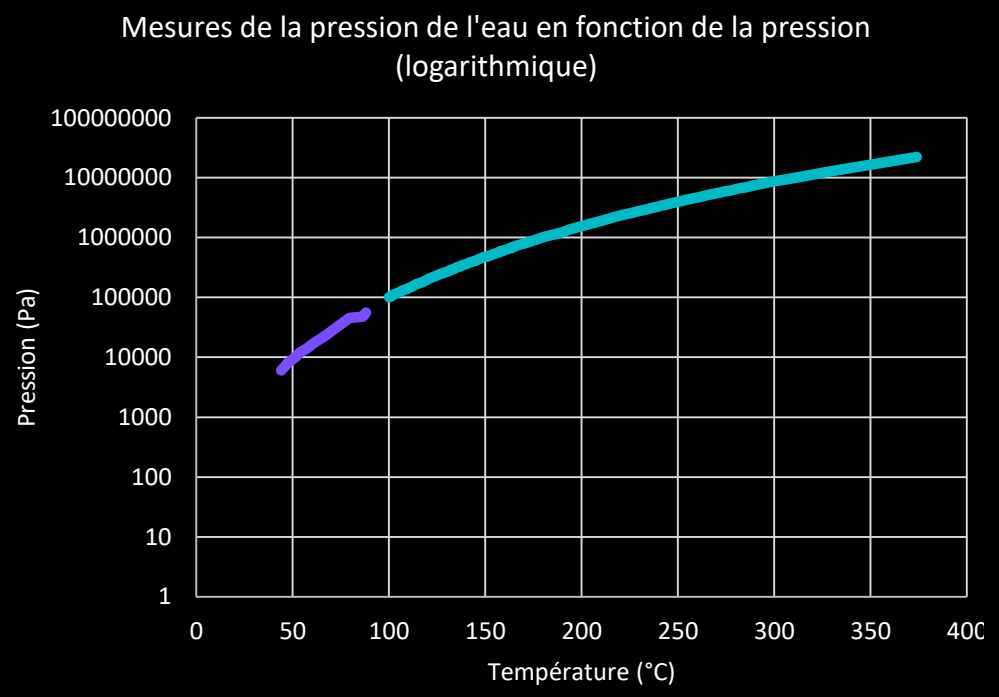
Nouveau problème : mettre sur un même graphique des mesures avec des pressions très petites et des mesures avec des pressions très grandes. Impossible avec une echelle “Classique” = echelle linéaire

Solution échelle “logarithmique” = graduation axe des ordonnées en puissance de 10 = echelle logarithmique



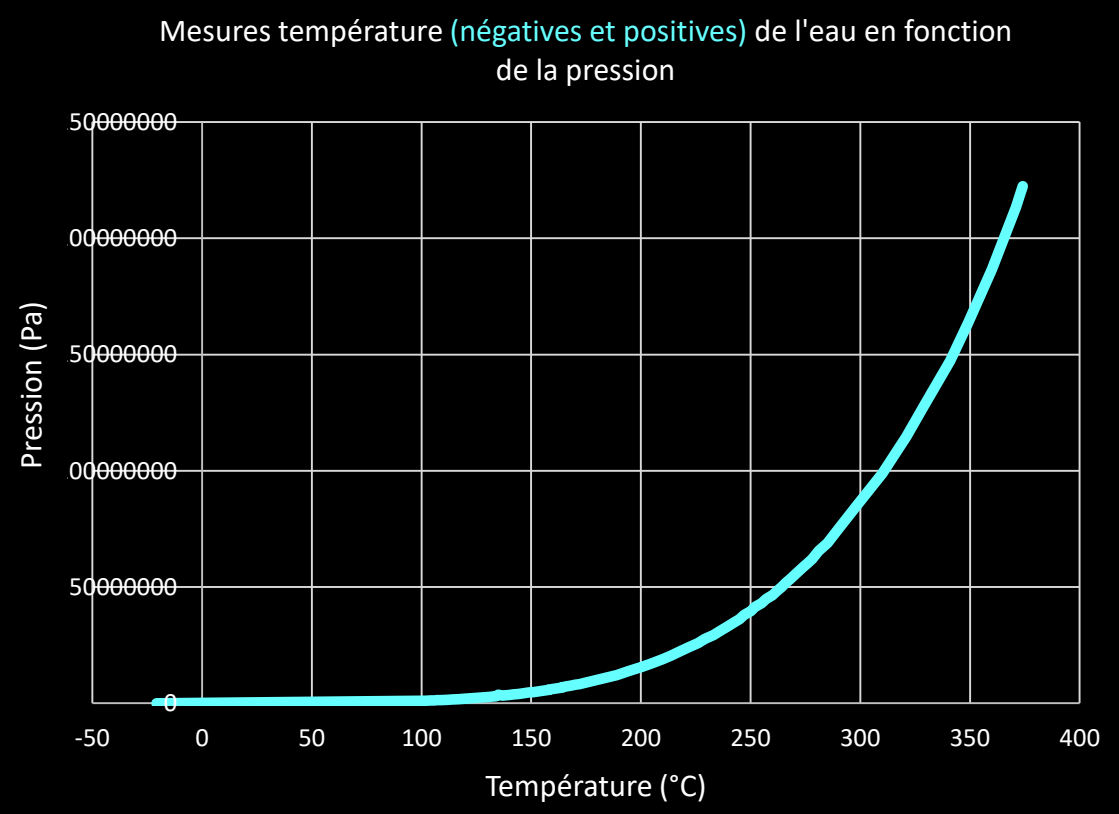


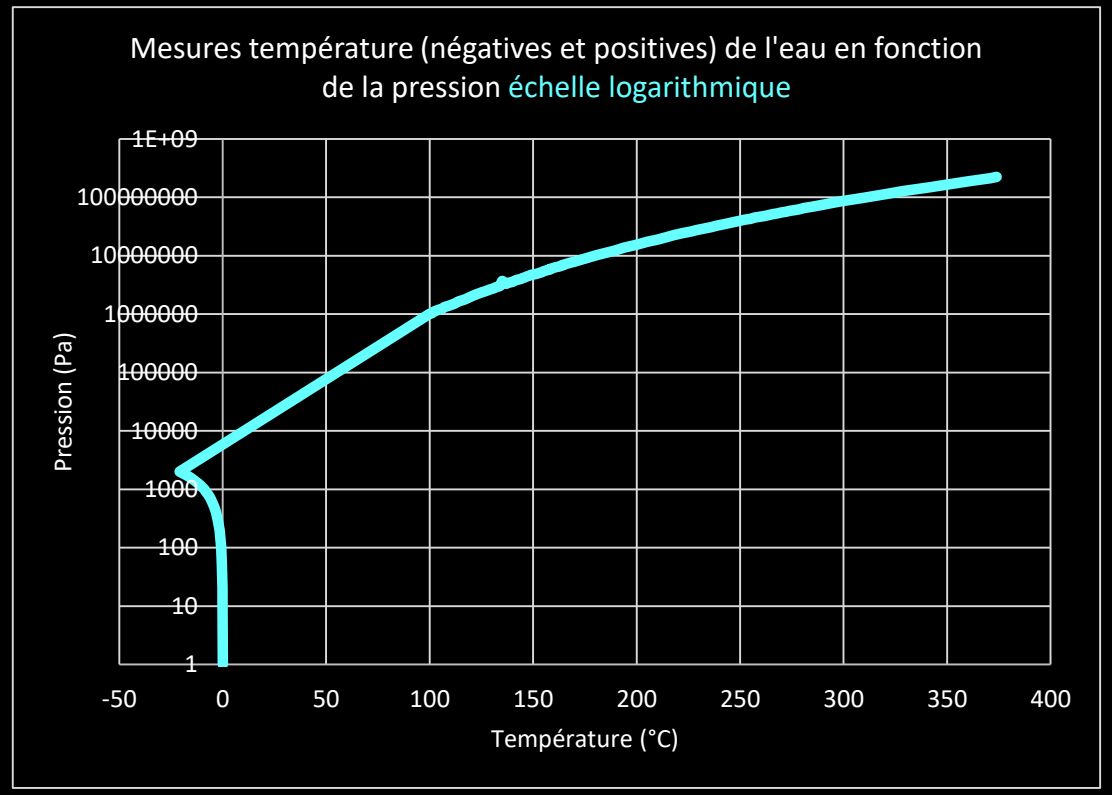

Mesures de la température de l'eau en fonction de la pression
25000000
20000000
15000000
10000000
5000000
0
Pression (Pa)
0
50
100
150
200
250
300
350
400
Température (°C)


Mesures de la pression de l'eau en fonction de la pression (logarithmique)
100000000
10000000
1000000
100000
10000
1000
100
10
1
Pression (Pa)
0
50
100
150
200
250
300
350
400
Température (°C)

Essai de courbes pour le passage de l’état solide à l’état liquide à partir de la base de données de Samuel.

Nous avons encore du mal à tout rassembler sur un même graphique car nous commettons une erreur….





Ça commence à avoir meilleure allure …..

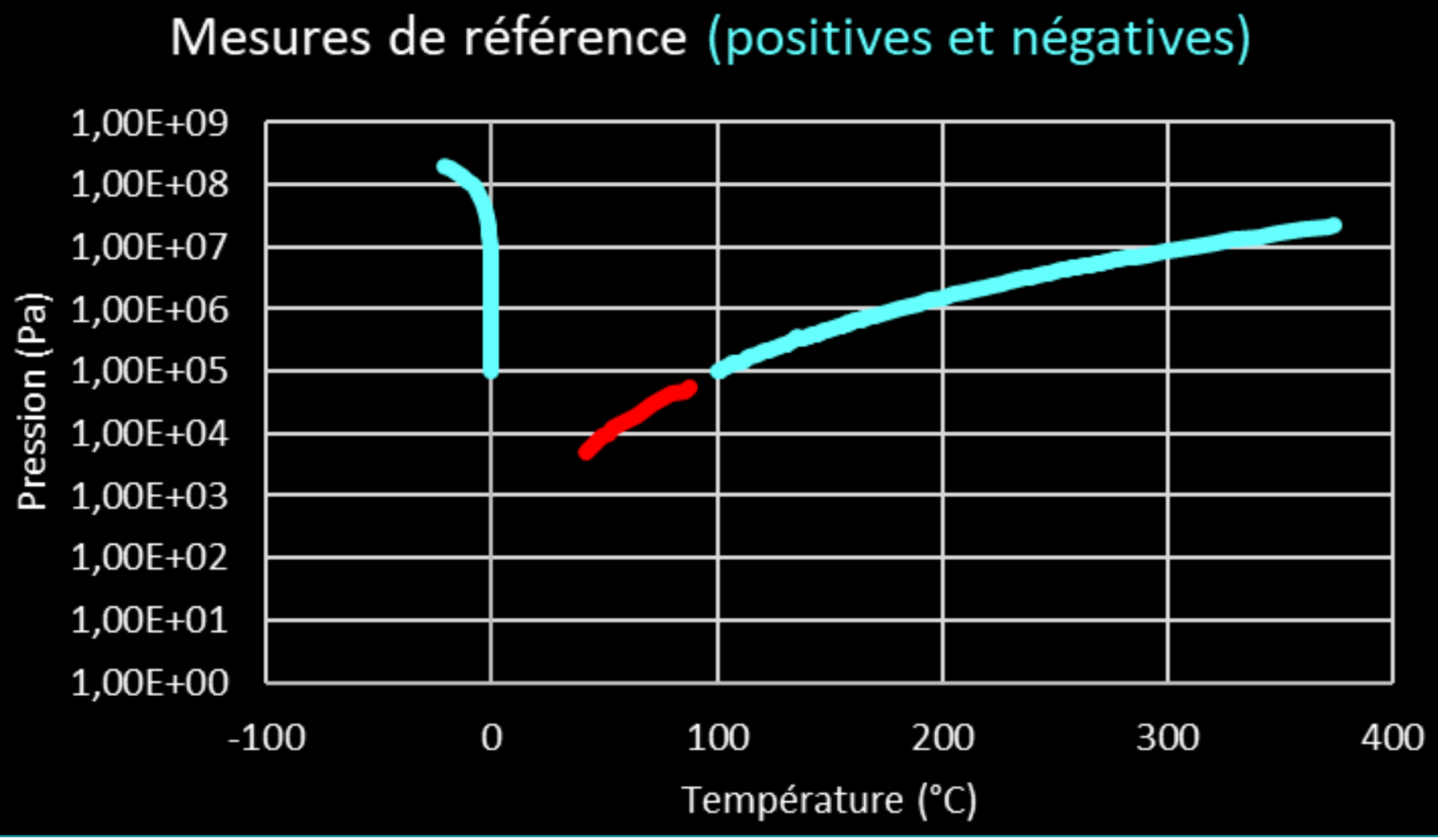
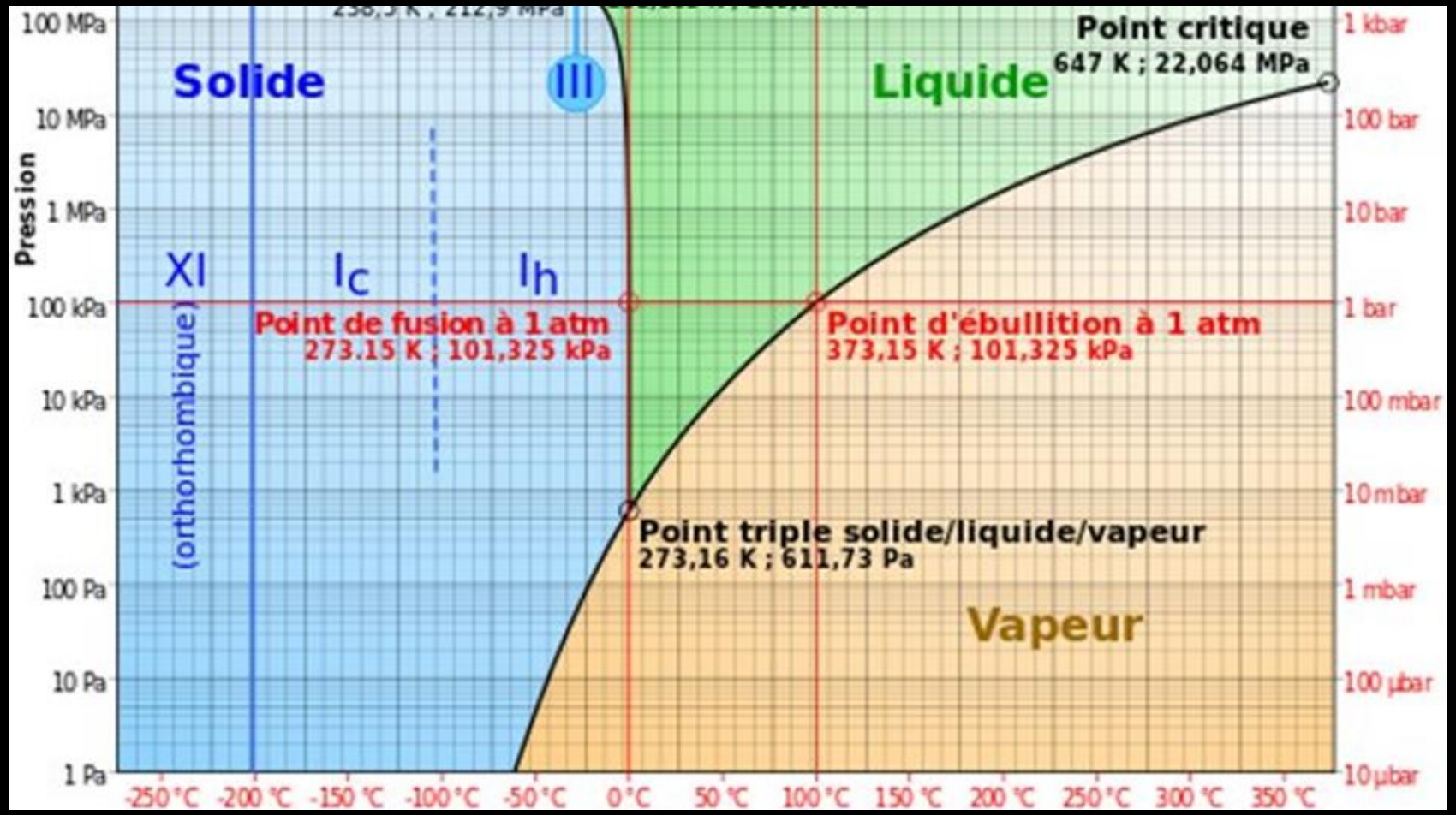
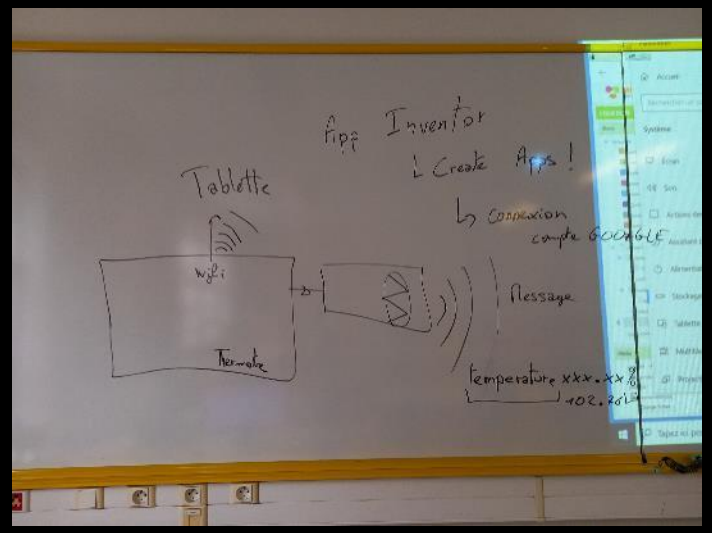


Diagramme pression température

Nous trouvons le diagramme entier sur internet…

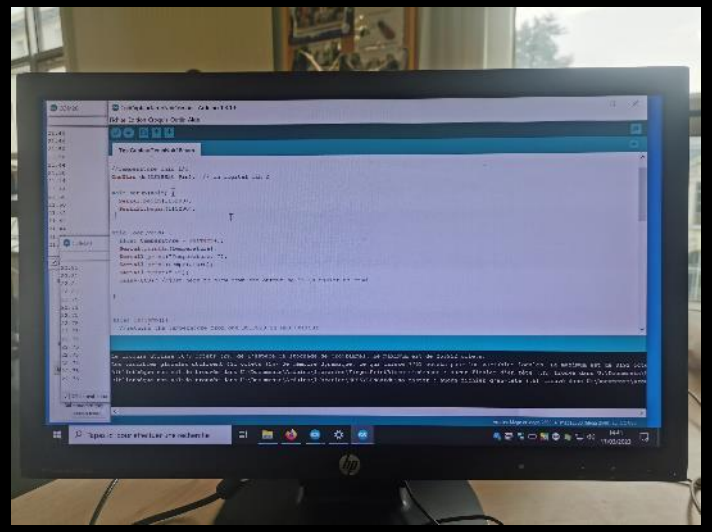


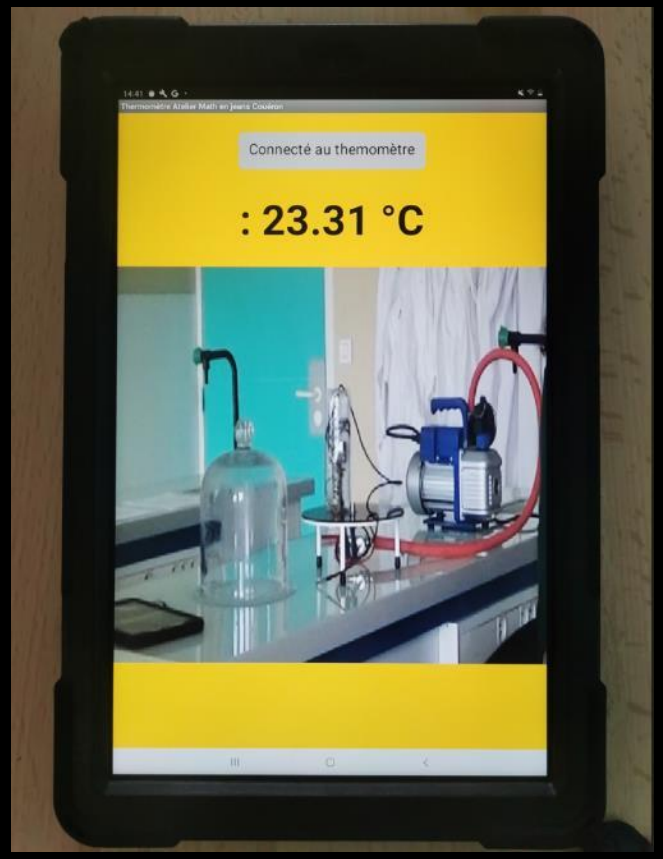
Les améliorations du module de prise de mesures



Lors d'une ½ journée de travail au lycée Livet de Nantes, M. Mocquard, professeur du lycée, nous aide à comprendre et à améliorer notre module de prise de mesures en lui associant une application pour smartphone fonctionnant en bluetooth

Les améliorations du module de prise de mesures





IV. L'épreuve du feu

Avant de conclure, nous vous proposons une dernière expérience :

- Remplir une bouteille en verre à la moitié
- Faîtes bouillir l'eau dans la bouteille
- Laisser bouillir 1 minute, boucher et laisser refroidir
- Passez la bouteille sous l'eau froide

Lien vidéo : reprise de l'ébullition sous l'eau froide

SE
PROTEG
N'EST PA
RIDICU

Questions :

Q1 : Pourquoi l'ébullition reprend-t-elle ?

Q2 : Pourquoi il est difficile d'enlever le bouchon du récipient ?

Réponses :

Q1 : Lorsqu'on fait bouillir de l'eau, de la vapeur d'eau se forme. On enferme alors celle-ci dans le récipient. Lorsqu'on met le récipient sous l'eau froide, la vapeur d'eau se recondense et elle redevient liquide. Cela diminue la pression. Or on sait que lorsqu'on fait baisser la pression, l'eau bout plus vite...

Q2 : La pression à l’intérieur a diminué, la pression n’a pas changé à l’extérieur. La pression plus forte à l’extérieur va pousser le bouchon vers l'intérieur.

Revenons à nos moutons...

Questions

Q1 : Quelle est la température dans l'espace ?

Q2 : Quelle est la pression dans l'espace ?

Réponses

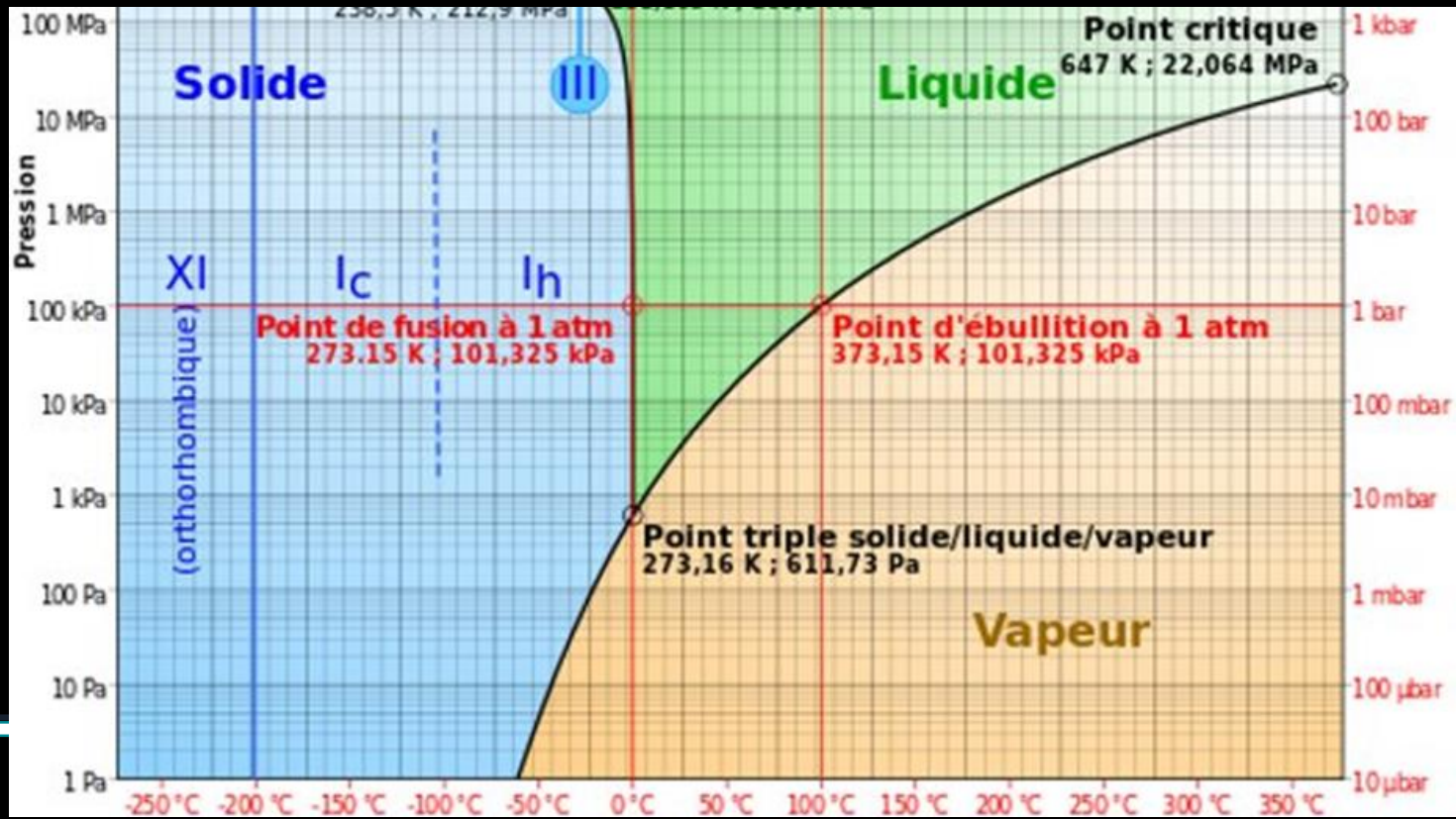
Q1 température dans l’espace -272°C (proche du « zéro absolu » = -273,15°C)

Q2 Une pression de l'ordre de **10^{-8} Pa** appelée ultravide

(pour rappel P atmosphérique =1013hPa =101300Pa)

V. conclusion

Donc, dans l'espace, l'eau bout-elle ou Gèle-t-elle ?



Quelques temps forts de notre projet

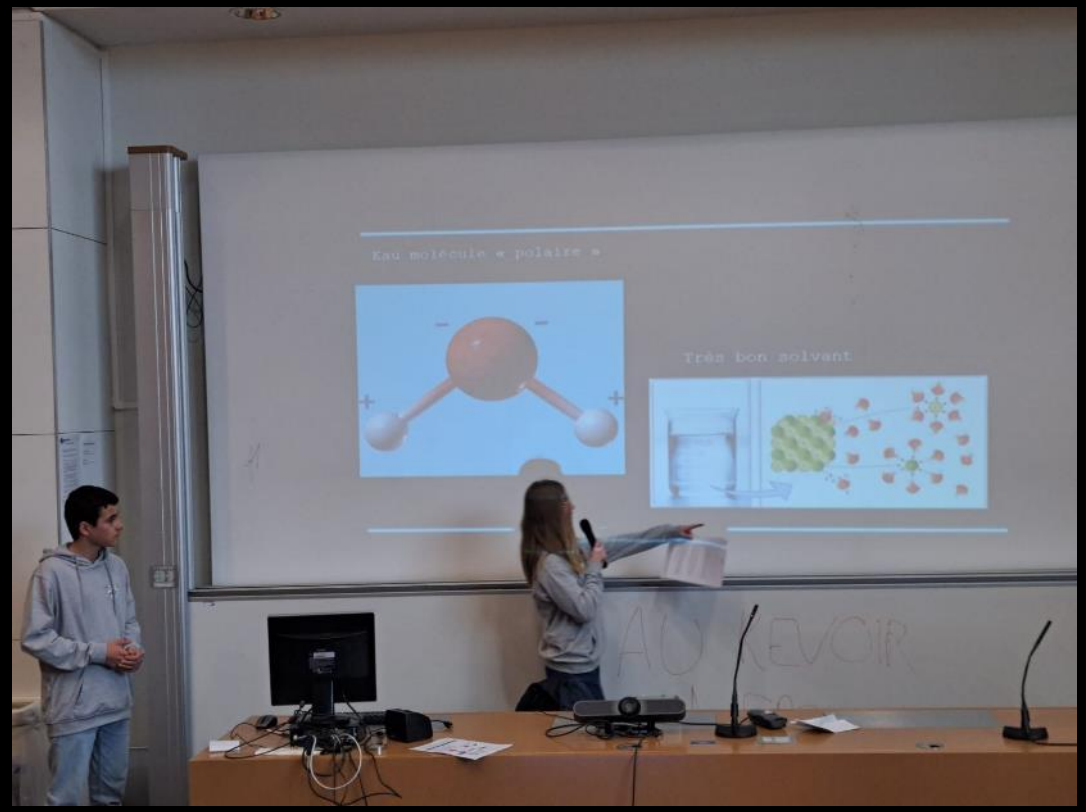
2 Février 2023

Nous présentons l’avancée de notre travail au club MathEnJean en présence de « notre » chercheur Samuel Etourneau

9 Mars 2023

Portes ouvertes du collège

Notre projet intéresse les anciens élèves de l’atelier !

31 Mars et 1 avril 2023

Chloé et Lenn présentent le projet
au congrès MathEnJean à Orléans