

## Physique II – Thermodynamique

Exercices 2

4 mars 2025

PROBLÈME I L'ÉQUATION D'ÉTAT POUR UN GAZ PARFAIT EST UNE FONCTION D'ÉTAT

On définit

$$pV = nRT$$

comme la fonction d'état pour un gaz parfait.

1. Montrer que  $p(V,T)$  est une fonction d'état selon la définition vue en cours.
2. Calculer le changement de pression ( $\Delta p$ ) pour 1 mol d'un gaz parfait au cours du passage de  $T=200$  K,  $V=1$  m<sup>3</sup> à  $T=300$  K,  $V=0.01$  m<sup>3</sup>. Quelle est la pression finale?
3. Est-ce que cette valeur dépend du chemin suivi? Est-ce que l'ordre de l'intégration change la valeur finale?

## PROBLÈME II LOI DE BOYLE

En 1662, Boyle a effectué des mesures pour étudier l'élasticité des gaz. Il a utilisé un tube en J scellé pour piéger de petits volumes d'air. Boyle a étudié ce qu'il advenait du volume (première flèche) du gaz dans le tube scellé lorsqu'il ajoutait plus de mercure (c'est-à-dire qu'il augmentait la pression, deuxième flèche) dans le tube. Il a rapporté ses données dans le livre *New Experiments Physico-Mechanicall, Touching the Spring of Air, and its Effects* ainsi que dans les *Transactions of the Royal Society*.

*A Table of the Condensation of the Air.*

A	B	C	D	E
48	13	00	2972	2972
46	11	01 1/2	3072	3072
44	11	02 1/2	3172	3172
42	10	04 1/2	3272	3272
40	10	06 1/2	3372	3372
38	9	07 1/2	3472	3472
36	9	10 1/2	3572	3572
34	8	12 1/2	3672	3672
32	8	15 1/2	3772	3772
30	7	17 1/2	3872	3872
28	7	20 1/2	3972	3972
26	6	22 1/2	4072	4072
24	6	25 1/2	4172	4172
22	5	27 1/2	4272	4272
20	5	30 1/2	4372	4372
18	4	32 1/2	4472	4472
16	4	35 1/2	4572	4572
14	3	37 1/2	4672	4672
12	3	40 1/2	4772	4772
10	2	42 1/2	4872	4872
8	2	45 1/2	4972	4972
6	1	47 1/2	5072	5072
4	1	50 1/2	5172	5172
2	1	53 1/2	5272	5272
1	1	56 1/2	5372	5372
1	1	59 1/2	5472	5472
1	1	62 1/2	5572	5572
1	1	65 1/2	5672	5672
1	1	68 1/2	5772	5772
1	1	71 1/2	5872	5872
1	1	74 1/2	5972	5972
1	1	77 1/2	6072	6072
1	1	80 1/2	6172	6172
1	1	83 1/2	6272	6272
1	1	86 1/2	6372	6372
1	1	89 1/2	6472	6472
1	1	92 1/2	6572	6572
1	1	95 1/2	6672	6672
1	1	98 1/2	6772	6772
1	1	101 1/2	6872	6872
1	1	104 1/2	6972	6972
1	1	107 1/2	7072	7072
1	1	110 1/2	7172	7172
1	1	113 1/2	7272	7272
1	1	116 1/2	7372	7372

Divided to 3000 inches

*For the better understanding of this Experiment it may not be amiss to take notice of the following particulars:*  
 1. That the Tube being so tall that we could not conveniently make use of it in a Chamber, we were fain to use it on a pair of Stairs, which yet were very lightfom, the Tube being for prefer-  
 vations

Dans cet exercice, nous allons étudier la hauteur du liquide qui produit la pression.

1. Calculer la hauteur de colonne de mercure nécessaire pour balancer la pression atmosphérique, en millimètres.
2. Deviner l'unité utilisée par Boyle.
3. Quelle hauteur de colonne d'eau serait elle nécessaire pour compenser la pression générée par une colonne de mercure.

## PROBLÈME III DIFFÉRENTIELLES EXACTES

Quelles formes différentielles suivantes sont exactes?

1.

$$dF_1 = -y \, dx + x \, dy$$

2.

$$dF_2 = \frac{-y \, dx + x \, dy}{x^2}$$

3.

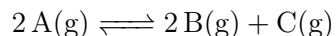
$$dF_3 = -\frac{e^{2x-3y}}{3} dx + \frac{e^{2x-3y}}{2} dy$$

4.

$$dF_4 = \frac{\ln(xy)}{y} dx + \frac{x}{y^2} dy$$

## PROBLÈME IV RÉACTION EMPRISONNÉE DANS UN RÉACTEUR

Un composé A se dissocie sous l'action de la chaleur selon l'équation bilan :



Selon la température, la décomposition de A peut être totale ou seulement partielle. On sait que la fraction dissociée de A est une fonction croissante de la température. On place 0.10 mol de A à 20 °C dans un réacteur de 1.5 litre où l'on a préalablement fait le vide, puis on chauffe le réacteur. A 250 °C, la pression dans le réacteur atteint 3.3 atm.

1. Montrer que cette observation prouve l'existence d'une réaction.
2. Quelle est, à 250 °C, la fraction (en %) de A qui s'est décomposée ?
3. Quelle est la pression de chaque constituant du mélange gazeux qui se trouve dans le réacteur à cette température ?
4. A 800 °C, la décomposition de A est totale. Calculer la pression dans le réacteur ?
5. Quelle serait la pression dans le réacteur à 1000 °C ?

## PROBLÈME V CALCUL DE LA PRESSION DU LABORATOIRE

On introduit dans une ampoule de verre une masse de 7.1 g de chlore gazeux  $\text{Cl}_2$  sous la pression  $p$  du laboratoire et ensuite on la ferme hermétiquement. Le volume de l'ampoule est de 2.2  $\ell$ . L'opération s'effectue à la température  $T$ . On place ensuite l'ampoule dans un thermostat dont la température est de 30 °C supérieure à  $T$ . On laisse s'échapper une certaine quantité de gaz de façon à redonner à la pression sa valeur initiale  $p$ . L'ampoule contient 6.4 g de chlore ( $M_{\text{Cl}} = 35.5 \text{ g/mol}$ ).

1. Calculer la valeur de la température initiale  $T$  (en K).
2. Quelle est la valeur, exprimée en atmosphères, de la pression  $p$  ?

## PROBLÈME VI POUSSÉE D'ARCHIMÈDE I

On imagine une boîte cylindrique de masse volumique  $\rho$  et de masse  $m$  submergée dans l'eau. Ses dimensions sont : diamètre  $D$  et hauteur  $h$ .

1. Calculer les forces qui s'exercent sur la face supérieure et inférieure de la boîte et établir le bilan et en déduire l'expression de la poussée d'Archimède.
2. Établir la relation entre la masse volumique de l'eau et celle de la boîte pour que cette dernière flotte ou soit submergée.
3. Dans le cas de flottation, quelle est l'expression littérale de la hauteur de la boîte en dehors de l'eau. Qu'est-ce qu'il se serait passé si l'eau devenait salée ?