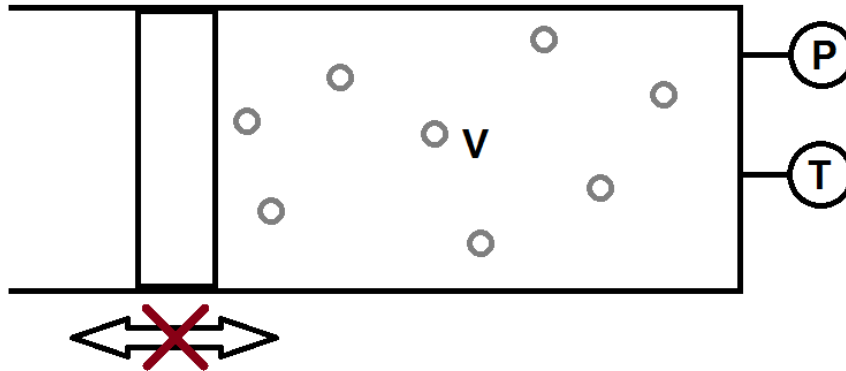


## Challenge 2, Thermodynamique: Solution

**Sous pression**

16 pt.



De l'azote se trouve dans un cylindre de volume initial  $V = 2\text{ L}$  muni d'un piston hermétique. Dans cette première partie on bloque le piston, on chauffe le gaz à différentes températures et on mesure la pression à chaque fois. Les résultats sont indiqués dans le tableau ci-dessous :

#	T(°C)	P(Pa)
1	10	168100
2	20	174000
3	50	191800
4	100	221500
5	150	251200
6	250	310600

**Partie A. Détermination de la masse**

5 pt.

i. Esquissez un graphe de la pression du gaz en fonction de la température dans le cylindre.

2 pt.

0.25 points for graph label on each axis

0.5 pt.

0.25 for correct units on each axis

0.5 pt.

correct plotting of data

1 pt.

*Typically you take off:  $-(0.25 \text{ pt})$  if the data do not span over the whole axis (ie if they plot from 0 to 350000 for the pressure, from 150000 is sufficient and allows better visualization of the data)  $-(0.25 \text{ pt})$  if the graph is super small on the sheet of paper*

**ii. Quelle est la masse d'azote dans le cylindre ?**

**3 pt.**

The ideal gas law

$$PV = nRT$$

0.5 pt.

We substitute  $n = \frac{m}{M}$  and divide by  $V$

$$P = \frac{mR}{MV}T$$

0.5 pt.

From the slope one can determine the mass

$$m = \text{slope} \cdot \frac{MV}{R}$$

1 pt.

Get the numerical value for the slope from the graph.

0.5 pt.

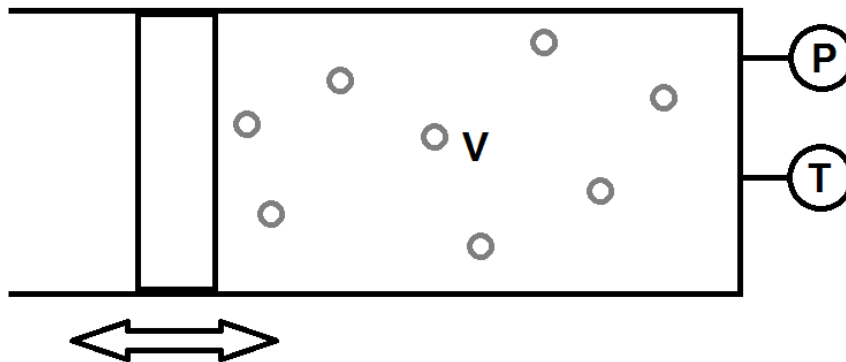
For finding the numerical value of the mass (4 g). The results in the following sections will be calculated with this value.

0.5 pt.

**Partie B. Équilibre**

**2 pt.**

On laisse maintenant le piston libre de bouger dans l'axe du cylindre. A aucun moment le piston ne va se détacher du cylindre. On néglige les échanges de chaleurs entre le gaz et l'environnement extérieur sauf mention explicite.



i. Si la température du gaz est de 23 °C, quel est le volume que le gaz prend dans le cylindre ?

2 pt.

We have

$$V = (mR/M_m P)T = 3.48 \text{ L}$$

1 pt.

where we have used that  $P = P_{atm} = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$ , anything close to that within 10% is acceptable.

1 pt.

Partie C. On plonge

9 pt.

Un plongeur emporte le cylindre dont le gaz est à 23 °C sous l'eau,  $h = 7 \text{ m}$  sous la surface. Le piston est toujours libre de bouger dans l'axe du cylindre.

Constantes :

— Densité de l'eau :  $\rho_e = 1.0 \text{ gcm}^{-3}$

— Chaleur massique de l'azote :  $c_a = 1.04 \text{ kJkg}^{-1}\text{K}^{-1}$

i. Quel est le volume que le gaz prend, en supposant que sa température ne change pas ?

2 pt.

The pressure in this case is

$$P = P_{atm} + \rho_{water}gh$$

1 pt.

Again we have

$$V = (mR/M_m P)T$$

0.5 pt.

The numerical application gives  $V = 2.07 \text{ L}$

0.5 pt.

ii. En laissant le cylindre sous l'eau quelle quantité de chaleur faut-il fournir au gas pour que son volume soit de 2 L ?

3 pt.

Again we have

$$P = P_{atm} + \rho_{water}gh$$

0.5 pt.

which gives

$$(VM_m P)/(mR) = Tf = 285.69 \text{ K} = 12.69 \text{ °C}$$

1 pt.

we find for the heat

$$Q = mc_{nitrogen}(Tf - Ti)$$

1 pt.

Resulting in a numerical value of  $Q = -42.9 \text{ J}$ 

0.5 pt.

iii. Quelle doit être la masse du cylindre en fonction de la température du gaz (la matière occupe un volume négligable par rapport à celui du gaz et on néglige la masse du piston) pour que ce dernier soit en équilibre à cette profondeur (c'est-à-dire que le cylindre ne remonte pas vers la surface ou ne coule pas vers le fond) ?

4 pt.

Archimedes :

$$F_A = \rho_{water} V_{fluid} g$$

1 pt.

Equilibrium :

$$F_A = (m_{cylinder} + m)g$$

1 pt.

Combining the two latter (one can simplify  $g$ ) :

$$\rho_{water} V_{fluid} = m_{cylinder} + m$$

0.5 pt.

$$V = (mR/M_m P)T$$

0.25 pt.

$$P = P_{atm} + \rho_{water} gh$$

0.25 pt.

it yields

$$m_{cylinder}(T) = \left( \frac{\rho_{water} R}{M_m (P_{atm} + \rho_{water} gh)} T - 1 \right) m$$

1 pt.