

### EXERCICE 2 : Impact de la pollution atmosphérique sur les bâtiments historiques

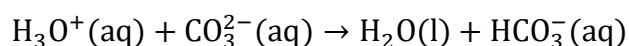
#### Q1.

Le dioxyde de soufre présent dans l'air se dissout dans l'eau de pluie et entraîne la formation d'acide sulfurique  $H_2SO_4$ .

D'après l'énoncé cet acide se dissocie dans l'eau en libérant des ions oxonium  $H_3O^+$ .

Or une solution aqueuse est acide lorsqu'elle contient des ions  $H_3O^+$  son pH est inférieur à 7. Ici, le pH des eaux de pluie peut être inférieur à 5. Les eaux de pluie sont donc acides.

#### Q2.



#### Étude expérimentale

#### Q3.

On utilise la relation :

$$pH = -\log\left(\frac{[H_3O^+]_{ini}}{c^0}\right)$$

$$-\log\left(\frac{[H_3O^+]_{ini}}{c^0}\right) = pH$$

$$\log\left(\frac{[H_3O^+]_{ini}}{c^0}\right) = -pH$$

$$10^{\log\left(\frac{[H_3O^+]_{ini}}{c^0}\right)} = 10^{-pH}$$

$$\frac{[H_3O^+]_{ini}}{c^0} = 10^{-pH}$$

$$[H_3O^+]_{ini} = c^0 \times 10^{-pH}$$

$$[H_3O^+]_{ini} = 1,0 \times 10^{-4,5}$$

$$[H_3O^+]_{ini} = 3,2 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$$

#### Q4.

Une durée de 4,5 h correspond à :  $4,5 \times 60 = 270 \text{ min}$

D'après le tableau :

- à  $t = 0$  :  $m_0 = 4,622 \text{ g}$
- à  $t = 270 \text{ min}$  :  $m = 4,610 \text{ g}$

La perte de masse vaut donc :

$$\Delta m = 4,622 - 4,610$$

$$\Delta m = 0,012 \text{ g}$$

La masse de calcaire a diminué de 12 mg en 4,5 h.

**Q5.**

On utilise la relation :

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\rho \times V = m$$

$$V = \frac{m}{\rho}$$

Donc :

$$\Delta V = \frac{\Delta m}{\rho}$$

$$\Delta V = \frac{0,012}{2,500 \times 10^6}$$

$$\Delta V = 4,8 \times 10^{-9} \text{ m}^3$$

La diminution du volume de la pierre au bout d'une durée de présence dans la solution de 4,5 h est de  $4,8 \times 10^{-9} \text{ m}^3$ .

**Q6.**

$$\Delta e = \frac{\Delta V}{S}$$

$$\Delta e = \frac{4,8 \times 10^{-9}}{6,7 \times 10^{-4}}$$

$$\Delta e = 7,2 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$\Delta e \approx 7,2 \text{ } \mu\text{m}$$

En 4,5 h, l'épaisseur diminue de 7,2  $\mu\text{m}$ .

4,5 h	7,2 $\mu\text{m}$
t	1 mm = 1000 $\mu\text{m}$ ,

$$t = \frac{1000 \times 4,5}{7,2}$$

$$t = 625 \text{ h}$$

$$t = 625 \text{ h}$$

$$t = 26 \text{ jours}$$

**La formation de gypse****Q7.**

La formation de gypse crée un dépôt solide à la surface de la pierre calcaire.

Ce dépôt forme une couche protectrice qui limite le contact entre le calcaire et les pluies acides.

Les ions  $\text{H}_3\text{O}^+$  des pluies acides sont moins en contact avec le calcaire.

Ainsi, formation de gypse peut limiter l'action des pluies acides sur la pierre.

**Q8.**

$$E_{\text{photon}} = \frac{h \times c}{\lambda}$$

$$E_{\text{photon}} = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8}{1064 \times 10^{-9}}$$

$$E_{\text{photon}} = 1,87 \times 10^{-19} \text{ J}$$

**Q9.**

1 photon	$E_{\text{photon}} = 1,87 \times 10^{-19} \text{ J}$
$4,0 \times 10^{14}$	$E_{\text{imp}}$

$$E_{\text{imp}} = \frac{4,0 \times 10^{14} \times 1,87 \times 10^{-19}}{1}$$
$$E_{\text{imp}} = 7,48 \times 10^{-5} \text{ J}$$

**Q10.**

$$P_{\text{moy}} = \frac{E_{\text{totale}}}{\Delta t}$$

Or, en une seconde, le laser émet N impulsions, chacune d'énergie  $E_{\text{imp}}$ . Donc :

$$E_{\text{totale}} = N \times E_{\text{imp}}$$

Ainsi :

$$P_{\text{moy}} = \frac{N \times E_{\text{imp}}}{\Delta t}$$

Or

$$n_{\text{imp}} = \frac{N}{\Delta t}$$

D'où

$$P_{\text{moy}} = n_{\text{imp}} \times E_{\text{imp}}$$

$$n_{\text{imp}} \times E_{\text{imp}} = P_{\text{moy}}$$

$$n_{\text{imp}} = \frac{P_{\text{moy}}}{E_{\text{imp}}}$$

$$n_{\text{imp}} = \frac{300}{7,5 \times 10^{-5}}$$

$$n_{\text{imp}} = 4,0 \times 10^6 \text{ impulsions par seconde}$$

**Q11.**

D'après la Q9, l'énergie émise par une impulsion est :  $E_{\text{imp}} = 7,5 \times 10^{-5} \text{ J}$

D'après le document 5 :

- R2 :  $E_{\text{max}} = 2 \times 10^{-5} \text{ J la}$  protection est insuffisante
- R3 :  $E_{\text{max}} = 2 \times 10^{-4} \text{ J la}$  protection est suffisante

Numéro d'échelon des verres	Irradiance moyenne ( $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ )	Énergie maximale par impulsion (J)
R1	$1 \times 10^2$	$2 \times 10^{-6}$
R2	$1 \times 10^3$	$2 \times 10^{-5}$
R3	$1 \times 10^4$	$2 \times 10^{-4}$
R4	$1 \times 10^5$	$2 \times 10^{-3}$
R5	$1 \times 10^6$	$2 \times 10^{-2}$

Document 5 - Type de verres de protection en fonction de l'énergie maximale par impulsion et de l'irradiance maximale (normes AFNOR).

Ainsi, en considérant uniquement l'énergie par impulsion, il faut des verres de protection R3.

**Q12.**

L'irradiance moyenne est :

$$I = \frac{P_{\text{moy}}}{S}$$

$$I = \frac{300}{1,4 \times 10^{-2}}$$

$$I = 2,1 \times 10^4 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

D'après le document 5, cette irradiance dépasse  $1 \times 10^4 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ .

Numéro d'échelon des verres	Irradiance moyenne ( $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ )	Énergie maximale par impulsion (J)
R1	$1 \times 10^2$	$2 \times 10^{-6}$
R2	$1 \times 10^3$	$2 \times 10^{-5}$
R3	$1 \times 10^4$	$2 \times 10^{-4}$
R4	$1 \times 10^5$	$2 \times 10^{-3}$
R5	$1 \times 10^6$	$2 \times 10^{-2}$

Document 5 - Type de verres de protection en fonction de l'énergie maximale par impulsion et de l'irradiance maximale (normes AFNOR).

Le type R3 ne suffit plus, il faut au minimum des protections R4.