1. **$P_{CO2} = x_{CO2} \times P_{air}$ (1')**
2. $CO_2(g) \leftrightarrows CO_2(aq)$ $Kd=[CO_2(aq)]P°/(C°\times P_{CO2})$

$\Rightarrow$ **$[CO_2(aq)]=C°\times Kd\times P_{CO2}/P°$ (2')**

3. a/ $CO_2(aq) + H_2O \leftrightarrows H_2CO_3(aq)$ K_{hyd}

   b/ $[H_2CO_3(aq)]=K_{hyd}[CO_2(aq)]$ (3)

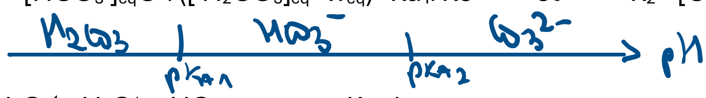
   c/ $[H_2CO_3(aq)]=$**K_{hyd} $C°\times Kd\times P_{CO2}/P°= [H_2CO_3(aq)]=H\times P_{CO2}$**

Par identification **$H= K_{hyd}$ $Kd\times C°/P°$**

4. D'après (1') **$[H_2CO_3(aq)]=H\times P_{CO2}=H\times x_{CO2}\times P_{air}$**
5. $H_2CO_3 + HO^- \leftrightarrows HCO_3^- + H_2O$ (1)

   et $HCO_3^- + HO^- \leftrightarrows CO_3^{2-} + H_2O$ (2)

Soit au global $H_2CO_3 + 2HO^- \leftrightarrows CO_3^{2-} + 2\,H_2O$ (3) $K_3=K_1K_2=[CO_3^{2-}]/(w^2\times[H_2CO_3])$

6. $K_1 = [HCO_3^-]_{eq}C°/([H_2CO_3]_{eq}\times w_{eq})=Ka_1/Ke$ et $K_2= [CO_3^{2-}]_{eq}C°/([HCO_3^-]_{eq}\times w_{eq})=Ka_2/Ke$
7. 

8. $2\,H_2O \leftrightarrows H_3O^+ + HO^-$ $Ke=h\times w$
9. $Ca(OH)_2(s) \leftrightarrows Ca^{2+} + 2\,HO^-$ $Kp=[Ca^{2+}]_{eq}\,w_{eq}^2/C°^3$
10. $Ca^{2+} + CO_3^{2-} \leftrightarrows CaCO_3(s)$ $K=1/Kc$ $Kc=[CO_3^{2-}]_{eq}[Ca^{2+}]_{eq}/C°^2$
11. $[H_2CO_3]= [CO_3^{2-}]_{eq}\times C°/(w_{eq}^2(K_1K_2)) = K_1C°^3/(K_2K_C\times w_{eq}^2\times[Ca^{2+}]_{eq})= K_C/(K_p\,K_1K_2)$

    $[H_2CO_3]= 10^{-14.7}$ mol/L
12. X_{CO2} =**$[H_2CO_3(aq)]/(H\times P_{air}) = 10^{-14.7}/(4\,10^{-2}\times 1) = 5.00\,10^{-14} << 0.04\times 10^{-2}$**

$\Rightarrow$ Gros risque de carbonatation : le pH basique du béton déplace les équilibres (1) et (2) dans le sens direct ce qui augmente la dissolution du CO_2.

13. $[H_3O^+] + 2\,[Ca^{2+}] - [HCO_3^-] - 2\,[CO_3^{2-}] - [HO^-] = 0$

Soit $\frac{K_E}{w} + 2\frac{K_P}{w^2} - \frac{[CO_3^{2-}]}{K_2 w} - 2[CO_3^{2-}] - w = \frac{K_E}{w} + 2\frac{K_P}{w^2} - \frac{K_C}{K_2 w[Ca^{2+}]} - 2\frac{K_C}{[Ca^{2+}]} - w = 0$ avec $w=[HO^-]$

Enfin $\boldsymbol{\frac{K_E}{w} + 2\frac{K_P}{w^2} - \frac{K_C w}{K_2 K_P} - 2\frac{K_C w^2}{K_P} - w = 0}$

14. a. $x \in [10^{-14}; 1]$

b. pH_depart = 10**-14 ; OH_depart = Ke/10**(-pH_depart)

15. a.

```
def f(x):
  return 2*Kp/x**2 + Ke/x - 2*Kc*x**2/Kp - x*Kc/(K2*Kp) -x
```

b. $f'(x) = -4\frac{K_P}{x^3} - 1\frac{K_E}{x^2} - \boldsymbol{4\frac{K_C x}{K_P}} - \boldsymbol{\frac{K_C}{K_2 K_P}} - 1$

c.

```
def Derive(x):
  return -4*Kc/x**3 - Ke/x**2 - 4*x*Kc/Kp - Kc/(K2*Kp) -1
```

16.

```
def newton (g , dg , Pt , Er ) :
  x = Pt
  while np.abs(g(x)) > Er :
    x = x - g (x ) / dg ( x )
  return x
```

17. OH_Sol=print(newton(Fonction,Derive,OH_depart,Er))
18. **pH=pKe+log(OH_sol) = 12.4** $\Rightarrow$ l'espèce prédominante est **CO_3^{2-}**.