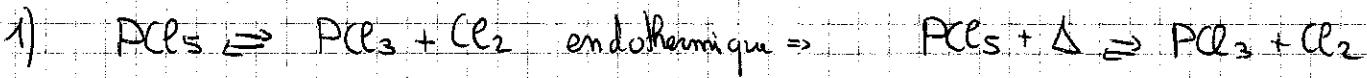


Exercices supplémentaires



- a) si $T \uparrow \Rightarrow$ déplacé vers \rightarrow pour consommer excès de chaleur
- b) si $P \uparrow \Rightarrow$ déplacé vers \leftarrow pour contraindre excès de pression
- c) si $[\text{Cl}_2] \uparrow \Rightarrow$ équilibre déplacé vers \leftarrow pour consommer le Cl_2 en trop.
- d) si $[\text{PCl}_5] \uparrow \Rightarrow$ équilibre déplacé vers \rightarrow pour consommer le PCl_5 en trop.
- e) aucun effet sur $K \Rightarrow$ équilibre atteint plus vite



a) $K = \frac{[\text{PCl}_3][\text{Cl}_2]_{\text{eq}}}{[\text{PCl}_5]_{\text{eq}}} \Rightarrow K = \frac{0,0266 \cdot 0,0266}{0,0175} = 0,40432 \text{ M}$

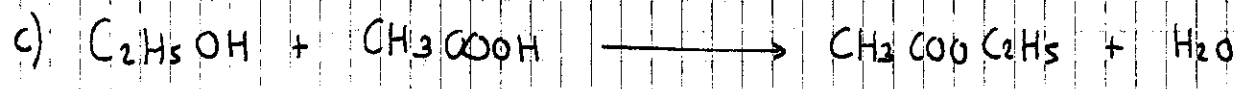
$[\text{PCl}_3]_{\text{eq}} = \frac{n}{V} = \frac{0,32}{12} = 0,0266 \text{ M}$ $[\text{Cl}_2]_{\text{eq}} = \frac{0,32}{12} = 0,0266 \text{ M}$
 $[\text{PCl}_5]_{\text{eq}} = \frac{0,24}{12} = 0,0175 \text{ M}$



• Départ	1	1	0	0
• Variation du nb de moles	$-\frac{2}{3}$	$-\frac{2}{3}$	$+\frac{2}{3}$	$+\frac{2}{3}$
• nb. mol à l'équilibre	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$

$K = \frac{[\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5] \cdot [\text{H}_2\text{O}]}{[\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}] [\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{\frac{2}{3} \cdot \frac{2}{3}}{\frac{1}{3} \cdot \frac{1}{3}} = 4$

b) $K = 4$ (à 25°C)



• Départ	3	1	0	0
• Variation	$-x$	$-x$	$+x$	$+x$
• nb. mol (équilibre)	$(3-x)$	$(1-x)$	x	x

$K = \frac{x^2}{(3-x)(1-x)} \Rightarrow 4 = \frac{x^2}{3-4x+x^2} \Rightarrow 12-16x+4x^2 = x^2$

$$3x^2 - 16x + 12 = 0 \quad a=3 \quad b=-16 \quad c=12 \quad \Delta = b^2 - 4ac$$

$$\Delta = (-16)^2 - (4 \cdot 3 \cdot 12) = 112 \quad \sqrt{\Delta} = 10,6$$

$$x_1 = \frac{16 - 10,6}{6} = 0,9 \quad x_2 = \frac{16 + 10,6}{6} = 4,43 \quad (\text{manche par! } > 1)$$

A l'équilibre:

$$\begin{aligned} [\text{CH}_3\text{COOH}] &= 2,1 \\ [\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}] &= 0,1 \\ [\text{H}_2\text{O}] &= 0,9 \\ [\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5] &= 0,9 \end{aligned}$$

Preuve: $\frac{0,9 \cdot 0,9}{2,1 \cdot 0,1} \approx 4!$

4) $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightleftharpoons 2\text{HI}$ $k = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]}$ et $k = 50$ pour $T = 448^\circ\text{C}$

⊙

	H_2	I_2	\rightleftharpoons	2HI
stoéchiométrie	1	1		2
[départ]	0,5	0,5		0
variation	-x	-x		+2x
[équilibre]	(0,5-x)	(0,5-x)		2x

$$\Rightarrow k = \frac{(2x)^2}{(0,5-x)^2} = 50$$

$$\Rightarrow (0,25 - x + x^2) 50 = 4x^2 \Rightarrow 12,5 - 50x + 50x^2 = 4x^2$$

$$\Rightarrow 46x^2 - 50x + 12,5 = 0$$

$$\Rightarrow \Delta = 2500 - (4 \cdot 46 \cdot 12,5) \Rightarrow \Delta = 2500 - 2300 = 200 \quad \sqrt{\Delta} = 14,142$$

$$x_1 = \frac{50 + 14,142}{92} = \frac{64,142}{92} = 0,7002 \text{ M} \quad x_2 = \frac{50 - 14,142}{92} = \frac{35,858}{92} = 0,3867 \text{ M}$$

\Rightarrow comme $[\text{H}_2] = [\text{I}_2] = 0,5 \text{ M}$ au départ, $(0,5-x)$ m'a de signification que si $x = 0,3867 \text{ M}$.

- $[\text{H}_2]_{\text{eq}} = 0,5 - 0,3867 = 0,1133 \text{ M} \Rightarrow m_{\text{H}_2} = [\text{H}_2] \cdot V \Rightarrow m_{\text{H}_2} = 1,1133 \text{ mol}$
- $[\text{I}_2]_{\text{eq}} = 0,5 - 0,3867 = 0,1133 \text{ M} \Rightarrow m_{\text{I}_2} = 1,1133 \text{ mol}$
- $[\text{HI}]_{\text{eq}} = 2 \cdot 0,3867 = 0,7734 \text{ M} \Rightarrow m_{\text{HI}} = 7,734 \text{ mol}$

⊙ $p_{\text{totale}} = p_{\text{H}_2} + p_{\text{I}_2} + p_{\text{HI}}$

$pV = nRT$ si $p = \text{atm}$, $V = \text{l}$, $T = \text{K}$, $n = \text{mol}$ $R = 0,0821$

$$\Rightarrow p = \frac{nRT}{V} \Rightarrow p_{\text{H}_2} = \frac{1,1133 \cdot 0,0821 \cdot 721}{10} = 6,59 \text{ atm}$$

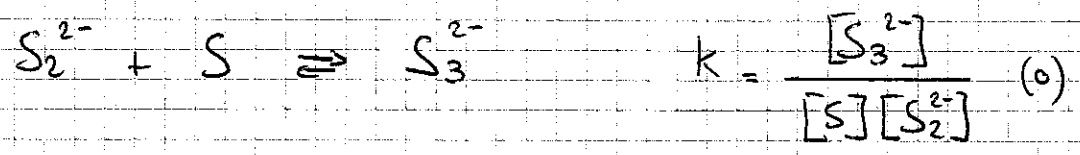
exercice 4. (suite)

$p_{I_2} = 6,59 \text{ atm}$

$p_{HI} = \frac{7,734 \cdot 0,0821 \cdot 721}{10} = 45,78 \text{ atm}$

$p_{total} = p_{H_2} + p_{I_2} + p_{HI} \Rightarrow p_{tot} = 6,59 + 6,59 + 45,78 = \underline{58,96 \text{ atm}}$

exercice 5



or $S + S^{2-} \rightleftharpoons S_2^{2-}$ et $k = \frac{[S_2^{2-}]}{[S][S^{2-}]} = 12 \Rightarrow [S][S^{2-}] \cdot 12 = [S_2^{2-}] \quad (1)$

$2S + S^{2-} \rightleftharpoons S_3^{2-}$ et $k = \frac{[S_3^{2-}]}{[S]^2[S^{2-}]} = 130 \Rightarrow [S]^2[S^{2-}] \cdot 130 = [S_3^{2-}] \quad (2)$

$(1) [S_2^{2-}] = 12 \cdot [S][S^{2-}]$ on remplace dans (0) } $\Rightarrow k = \frac{[S]^2[S^{2-}] \cdot 130}{[S] \cdot [S] \cdot [S^{2-}] \cdot 12}$
 $(2) [S_3^{2-}] = 130 [S]^2[S^{2-}]$ on remplace dans (0) }

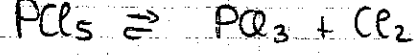
$\Rightarrow k = \frac{130}{12} 10,833 \text{ M}^{-1}$

Exercice 6

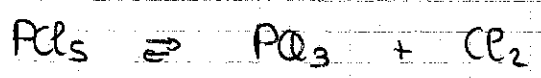
	α glucose	\rightleftharpoons	β glucose	$M(\text{glucose}) = 180 \text{ g/mol}$ ($C_6H_{12}O_6$)
Stoechiométric	1		1	
m départ	180g		0	
m équilibre	65,52g		114,48	
M éq.	0,364 mol		0,636 mol	
[éq.]	0,364 M		0,636 M	

$[\text{glucose } \alpha]_{\text{départ}} = 1 \text{ M}$ et $\Rightarrow V_{\text{solution}} = 1 \text{ l} \Rightarrow 1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6$
 $\Rightarrow \underline{180 \text{ g glucose } \alpha \text{ au départ}}$

$k = \frac{\beta\text{-glucose}}{\alpha\text{-glucose}} = k = \frac{0,636}{0,364} = 1,747$

Exercice 9

$$K_d = 0,041 \text{ M à } 250^\circ\text{C} \quad (4)$$



stoechiométrie	1	1	1
[départ]	0,1	0	0
variation	-x	+x	+x
[équilibre]	(0,1-x)	x	x

$$[\text{PCl}_5]_{\text{dep}} = \frac{1}{10} = 0,1 \text{ M}$$

$$K_d = \frac{x^2}{0,1-x} \Rightarrow 0,041 = \frac{x^2}{0,1-x} \Rightarrow 0,0041 - 0,041x = x^2$$

$$\Rightarrow x^2 + 0,041x - 0,0041 = 0$$

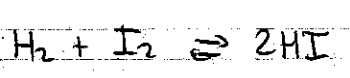
$$\Delta = (0,041)^2 + (4 \cdot 1 \cdot 0,0041) = 0,018081 \Rightarrow \sqrt{\Delta} = 0,13447$$

$$x_1 = \frac{-0,041 - 0,13447}{2} = -0,08774 \text{ M} \Rightarrow \text{solution à rejeter!}$$

$$x_2 = \frac{-0,041 + 0,13447}{2} = 0,046735 \text{ M}$$

$$[\text{PCl}_5]_{\text{éq}} = (0,1-x) = 0,1 - 0,046735 = \underline{0,053265 \text{ M}}$$

$$[\text{PCl}_3]_{\text{éq}} = [\text{Cl}_2]_{\text{éq}} = \underline{0,046735 \text{ M}}$$

Exercice 10

$$K = 45,9 \text{ à } T = 763 \text{ K}$$



stoechiométrie	1	1	2
[] _{dep}	1	1	0
variation	-x	-x	+2x
[éq]	(1-x)	(1-x)	2x

$$\Rightarrow K = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]} \Rightarrow 45,9 = \frac{4x^2}{(1-x)(1-x)}$$

$$\Rightarrow 45,9(1-2x+x^2) = 4x^2 \Rightarrow 45,9 - 91,8x + 45,9x^2 = 4x^2$$

$$41,9x^2 - 91,8x + 45,9 = 0$$

$$\Delta = (-91,8)^2 - (4 \cdot 41,9 \cdot 45,9) = 8427,24 - 7692,84 = 734,4$$

$$\sqrt{\Delta} \approx 27,1$$

10 (suite)

$$x_1 = \frac{91,8 - 27,1}{83,8} = 0,772 \text{ M}$$

$$x_2 = \frac{91,8 + 27,1}{83,8} = 1,418 \text{ M} \Rightarrow \text{ne convient pas car } [H_2]_{\text{eq}} = 1 - x \text{ serait } < 0$$

$$\Rightarrow [H_2]_{\text{eq}} = [I_2]_{\text{eq}} = (1 - x) = 1 - 0,772 = 0,228 \text{ M}$$

$$[HI]_{\text{eq}} = 2x = 1,544 \text{ M}$$

Exercice 11 idem 10 pour l'équilibre chimique

	I_2	+	H_2	\rightleftharpoons	$2HI$
Stoechiométrie	1		1		2
$[]_{\text{départ}}$	0		0		2
variation $[]$	x		x		-2x
$[]_{\text{eq}}$	x		x		(2-2x)

$$\Rightarrow 45,9 = \frac{(2-2x)^2}{x^2} \Rightarrow 45,9x^2 = 4 - 8x + 4x^2$$

$$\Rightarrow 41,9x^2 + 8x - 4 = 0$$

$$\Delta = 64 - (4 \cdot (-4) \cdot 41,9) = 64 + 670,4 = 734,8 \quad \sqrt{\Delta} = 27,107$$

$$x_1 = \frac{-8 - 27,107}{83,8} = \frac{-35,107}{83,8} = -0,4189 \text{ M} \Rightarrow \text{impossible! (chimiquement!)}$$

$$x_2 = \frac{-8 + 27,107}{83,8} = \frac{19,107}{83,8} = 0,228 \text{ M}$$

$$[I_2]_{\text{eq}} = 0,228 \text{ M} \quad [H_2]_{\text{eq}} = 0,228 \text{ M} \quad [HI]_{\text{eq}} = 2 - 2x = 2 - (2 \cdot 0,228) = 1,544 \text{ M}$$

Exercice 12 idem 10, 11 pour K!

	I_2	+	H_2	\rightleftharpoons	$2HI$
Stoechiométrie	1		1		2
$[]_{\text{dep}}$	1		0		2
variation $[]$	x		x		-2x
$[]_{\text{eq}}$	(1-x)		x		(2-2x)

$$45,9 = \frac{(2-2x)^2}{x(1-x)} \Rightarrow 45,9x - 45,9x^2 = 4 - 8x + 4x^2$$

$$\Rightarrow 49,4x^2 - 53,9x + 4 = 0$$

$$\Delta = (-53,9)^2 - (4 \cdot 49,4 \cdot 4) = 2905,21 - 790,4 = 2114,81$$

$$\sqrt{\Delta} = 45,987$$

$$X_1 = \frac{53,9 - 45,987}{98,8} = 0,08009 \text{ M}$$

$$X_2 = \frac{53,9 + 45,987}{98,8} = 1,041 \text{ M} \Rightarrow \text{comme } [HI]_{eq} = 2-2x \Rightarrow \text{impossible car } < 0!$$

$$[H_2]_{eq} = x = 0,08009 \text{ M}$$

$$[I_2]_{eq} = 1-x = 1-0,08009 = 0,91991 \text{ M}$$

$$[HI]_{eq} = 2-2x = 2-(2 \cdot 0,08009) = 1,83982 \text{ M}$$

Exercice 13 idem 10,11,12...



stoéchiométrie	1	1	2	
[] _{dep}	1	2	3	
variation []	+x	+x	-2x	p. ex!

$$[]_{eq} \quad (1+x) \quad (2+x) \quad (3-2x)$$

$$45,9 = \frac{(3-2x)^2}{(1+x)(2+x)} \Rightarrow 45,9(2+3x+x^2) = 9-12x+4x^2$$

$$\Rightarrow 91,8 + 137,7x + 45,9x^2 = 9 - 12x + 4x^2$$

$$\Rightarrow 41,9x^2 + 149,7x + 82,8 = 0$$

$$\Delta = (149,7)^2 - (4 \cdot 41,9 \cdot 82,8) = 22410,09 - 13877,28 = 8532,81$$

$$\sqrt{\Delta} = 92,373$$

$$X_1 = \frac{-149,7 - 92,373}{83,8} = 2,8886 \text{ M impossible car } [HI]_{eq} = 3-2x \Rightarrow < 0!$$

$$X_2 = \frac{-149,7 + 92,373}{83,8} = \frac{-57,327}{83,8} = -0,684 \text{ M} \Rightarrow \text{possible car aucune } []_{dep} = 0!$$

Exercice 13 (suite)

$[H_2]_{\text{eq}} = 1+x = 1-0,684 = \underline{0,316 M}$

$[I_2]_{\text{eq}} = 2+x = 2-0,684 = \underline{1,316 M}$

$[HI]_{\text{eq}} = 3-2x = 3-(2 \cdot 0,684) = \underline{4,368 M}$

Exercice 14

	N_2	$+ 3H_2$	\rightleftharpoons	$2NH_3$
stoechiométrie	1	3		2
variation []	-x	-3x		2x
[départ]	1	2		0
[équilibre]	(1-x)	<u>1M</u>		2-2x
		= 2-3x		

$\Rightarrow 2-3x = 1 \Rightarrow 3x = 1 \Rightarrow x = \frac{1}{3} M$

o $[N_2]_{\text{eq}} = 1-x = \frac{2}{3} M$

o $[H_2]_{\text{eq}} = 2-3x = 1M$

o $[NH_3]_{\text{eq}} = 2-2x = \frac{6}{3} - \frac{2}{3} = \frac{4}{3} M$

Exercice 15

a) augmenter $[N_2]$

b) augmenter $[H_2]$

c) diminuer T \Rightarrow déplacé vers \rightarrow pour éliminer la contrainte!

d) augmenter P \Rightarrow équilibre déplacé vers \rightarrow pour éliminer la contrainte

Exercice 16

	H_2	$+ CO_2$	\rightleftharpoons	H_2O	$+ CO$
stoechiométrie	1	1		1	1
variation []	-x	-x		+x	+x
[départ]	0,1	0,3			
[équilibre]	(0,1-x)	(0,3-x)		x	x (*)

$$[H_2O] = \frac{1}{3} [H_2] \Rightarrow x = \frac{1}{3} (0,1 - x)$$

$$\Rightarrow \text{on remplace par } (*) \Rightarrow 3x = 0,1 - x$$

$$\Rightarrow 4x = 0,1 \Rightarrow x = \frac{0,1}{4} \Rightarrow x = 0,025 \text{ M}$$

$$[H_2]_{\text{eq}} = 0,1 - x = 0,1 - x = \underline{0,075 \text{ M}}$$

$$[CO_2]_{\text{eq}} = 0,3 - x = \underline{0,29 \text{ M}}$$

$$[CO]_{\text{eq}} = 0,025 \text{ M}$$

$$[H_2O]_{\text{eq}} = 0,025 \text{ M}$$

Exercices 17 et 18 \Rightarrow application de la Loi d'action de masses !!

Exercice 10

- a) La pression n'a pas d'effet sur l'équilibre
- b) Le système va s'opposer à l'augmentation de T en favorisant la réaction inverse (endothermique) \Rightarrow équilibre déplacé vers la gauche!