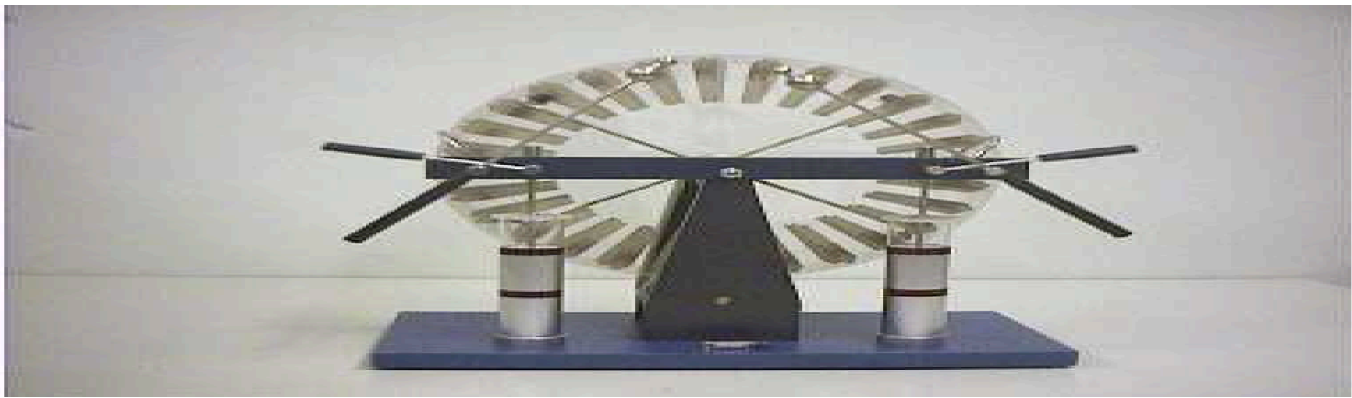
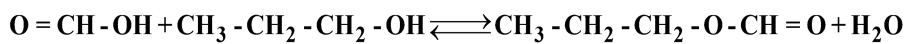




Exercice N°1 :

1°) a-

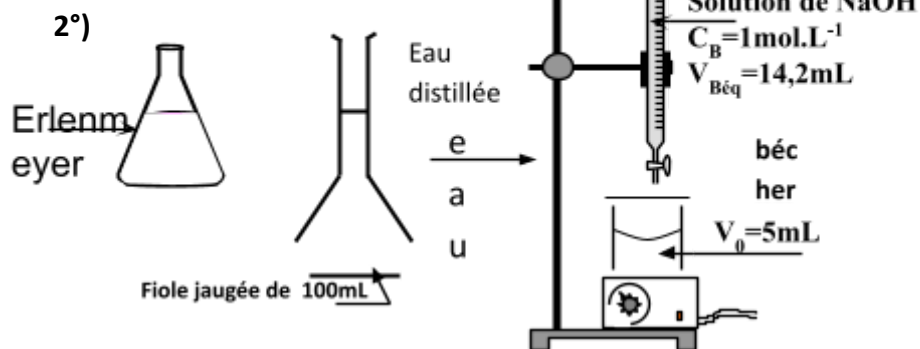
Acide méthanoïque + propane-1-ol méthanoate de propyl + eau



b-Alcool : $\begin{cases} n(\text{alcool}) = 0,5 \text{ mol} \\ V_{\text{al}} = ? \end{cases}$

$$n_{\text{al}} = \frac{m_{\text{al}}}{M_{\text{al}}} = \frac{V_{\text{al}} \cdot \rho_{\text{al}}}{M_{\text{al}}} \Rightarrow V_{\text{al}} = \frac{n_{\text{al}} \cdot M_{\text{al}}}{\rho_{\text{al}}} = \frac{0,5 \cdot 60}{0,8} = 37,5 \text{ mL}$$

c- $n_{\text{ac}} = 0,5 - n_{\text{ester}} \Leftrightarrow n_{\text{ester}} = 0,5 - n_{\text{ac}} = 0,5 - C_B V_B$



On a :

$$n_{\text{ac}} = \frac{14,2 \cdot 1}{100} = 0,142 \text{ mol}$$

$$n_{\text{ester}} = 0,5 - 0,142 = 0,358 \text{ mol}$$

3°)

Équation de la réaction		Acide + alcool $\rightleftharpoons$ ester + eau			
Etat du système	avancement	Quantité de matière (mol)			
Initial (t=0s)	0	0,5	0,5	0	0

a-

Intermédiaire (t)	x	0,5 - x	0,5 - x	x	x
Final(t _{final}) (équilibre)	x _f	0,5 - x _{éq}	0,5 - x _{éq}	x _{éq}	x _{éq}

- Avancement maximal : $x_{\max} = 0,5 \text{ mol}$ (n_{initial} du réactif limitant)
- Avancement final : $x_{\text{éq}} = 0,34 \text{ mol}$ (d'après la courbe)

b-

- $x_{\text{éq}} < x_{\max} \Rightarrow$ la réaction est limitée
- rendement = taux avancement final :

$$\tau_f = \frac{x_{\text{éq}}}{x_{\max}} = \frac{0,34}{0,5} = 0,68 = 68\%$$

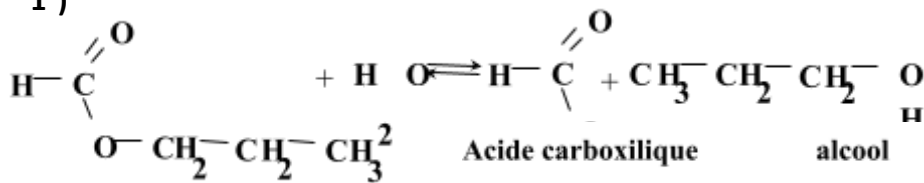
c-

$$V = \frac{1}{v} \frac{d}{dt}$$

$V = \frac{1}{v} \frac{d}{dt}$ (peut être déterminé à l'instant t)
 $V = \frac{1}{v} \frac{d}{dt}$ (diminution de la concentration au cours du temps)

Exercice N°2 :

1°)



2°)

$$C_A V_A = C_B V_B$$

$$C_A = \frac{C_B \cdot V_B}{V_A} = \frac{0,2 \cdot 1}{2} = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$$

Ester + eau acide + alcool

à t=0s	C ₀ =1mol.L ⁻¹		0	0
à t	C ₀ - y		y = C _A	

Des concentrations C_A et C_B sont mesurées à l'instant t

t (heures)	0	4	10	20	40	70	100	120	150	160
V _B (mL)	0	7,5	12,5	15	21	23,5	24,2	24,5	25	25
C _A (mol.L ⁻¹)	0	0,15	0,25	0,33	0,42	0,47	0,484	0,49	0,5	0,5
C (mol.L ⁻¹)	1	0,85	0,75	0,67	0,58	0,53	0,516	0,51	0,5	0,5

3°)

a- A la fin de la réaction, la vitesse est égale à 0.

A l'échelle moléculaire, la vitesse ne s'annule pas car les deux réactions estérification et hydrolyse se déroulent au même instant avec les mêmes vitesses.

b- C 0,5mol.L⁻¹.

c- La réaction n'est pas totale ($C = [\text{ester}] \neq 0$).

4°)

a- $\tau = \frac{x_m}{C_0} = \frac{0}{1} = 0$ réaction n'est pas totale

b- $\tau = \frac{x_m}{C_0} = \frac{0}{1} = 0$, réaction n'est pas totale

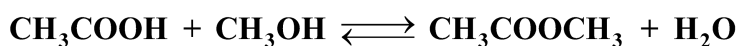
• La réaction est athermique, l'augmentation de la température n'a pas d'influence sur l'équilibre : T ne change pas.

• Le catalyseur n'a pas d'influence sur la composition à l'équilibre $\Rightarrow \tau$ ne change pas

• L'addition d'eau favorise l'hydrolyse $\Rightarrow \tau_f$ croît

Exercice N°3 :

1°)



2°)

$n_{(\text{ac})} \rightarrow$ courbe (2) : (acide est un réactif) $n_{(\text{ac})}$ décroît

$n_{(\text{ester})} \rightarrow$ courbe (1) : (ester est un produit) $n_{(\text{ac})}$ croît

3°)

a- $n_{(\text{ac})} = n_{(\text{ester})} = 0,255 \text{ mol}$

b- $n_{(\text{ac})} = n_{(\text{ester})} = 0,255 \text{ mol}$

$$V = \frac{dx}{dt} = \frac{dn_{(\text{ester})}}{dt} = \text{pente de la droite tg à la courbe}$$

$$= \frac{0,255 - 0,17}{1 - 0,5} = 0,17 \text{ mol.h}^{-1}$$

4°)

a- $t > 2,5 \text{ h}$

$n_{(\text{ac})} = n_{(\text{al})} \neq 0$ reste constant

$n_{(\text{ester})} = n_{(\text{eau})} \neq 0$ reste constant

⇒ le mélange est en état d'équilibre dynamique

b- L'équilibre dynamique est un état où les réactifs et les produits sont présents dans le mélange et leurs compositions restent constant. A l'échelle moléculaire, les deux réactions directe et inverse ne s'arrêtent pas. Elles se déroulent a la même vitesse $\neq 0$

c- à l'équilibre :

$$\left. \begin{array}{l} n_{(eau)_{\text{éq}}} = n_{(ester)_{\text{éq}}} = 0,34 \text{ mol} \\ n_{(al)_{\text{éq}}} = n_{(ac)_{\text{éq}}} = 0,17 \text{ mol} \end{array} \right\}$$

$$k = \frac{[Ester]_{\text{éq}} \times [Eau]_{\text{éq}}}{[Acide]_{\text{éq}} \times [Alcool]_{\text{éq}}} = \frac{n_{\text{ester}} \times n_{\text{eau}}}{n_{\text{acide}} \times n_{\text{alcool}}} = \frac{(0,34)^2}{(0,17)^2} = 4$$

d-
5°)

Équation de la réaction		Acide + alcool $\rightleftharpoons$ ester + eau			
Etat du système	Avancement	Quantité de matière (mol)			
Initial (t=0s)	0	n_0	n_0	0	0
Final(t_{final}) (équilibre)	x_f	$n_0 - x_{\text{éq}} = 0,17$	$n_0 - x_{\text{éq}} = 0,17$	$x_{\text{éq}} = 0,34$	$x_{\text{éq}} = 0,34$

a- à t=0s

$$n(ac)_{\text{éq}} = n_0 - x_{\text{éq}} \Rightarrow n_0 = n(ac)_{\text{éq}} + x_{\text{éq}} = 0,17 + 0,34 = 0,51 \text{ mol.}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} n_{(ac)_0} = n_{(al)_0} = 0,51 \text{ mol} \\ n_{(est)_0} = n_{(eau)_0} = 0 \end{array} \right.$$

b-

$$\tau_f = \frac{x_f}{x_{\text{max}}} = \frac{x_{\text{éq}}}{n_0} = \frac{0,34}{0,51} = 0,66$$

6°)

a-

	Acide + alcool $\rightleftharpoons$ ester + eau			
Etat du système	Quantité de matière (mol)			
Initial (t=0s)	0,17	0,17	0,34	$0,34 - 0,13 = 0,21$
Nouveau équilibre	$0,17 - x$	$0,17 - x$	$0,34 + x$	$0,21 + x$

$$\Pi = \frac{n(\text{ester}) \times n(\text{eau})}{n(\text{acide}) \times n(\text{alcool})} = \frac{0,34 \times 0,21}{(0,17)^2} = 2,47$$

d'où $\Pi < K$ puisque $K = 4$

$\Rightarrow$ le système n'est pas en équilibre il évolue dans le sens qui fait augmenter Π pour atteindre K

$\rightarrow$ sens direct

b-

$$K = \frac{(0,34 - x)(0,21 - x)}{(0,17 - x)^2} = 4$$

$$x = 0,0247 \text{ mol}$$

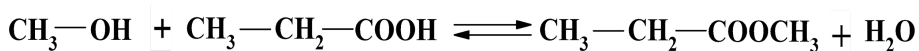
7°)

	Acide + alcool $\rightleftharpoons$ ester + eau			
Etat du système	Quantité de matière (mol)			
Initial (t=0s)	1	1	3	0

$n(\text{eau})=0 \Rightarrow$ le système n'est pas en équilibre, il évolue dans le sens de la formation d'eau

Exercice N°4 :

1°)



2°)

$$n = \frac{m}{M} = \frac{\rho \times V}{M} \Rightarrow V_a = \frac{n \times M}{\rho \times d}$$

$$A : V_a = \frac{n_a \times M_a}{\rho_a \times d_a} \Rightarrow V_a = \frac{0,03 \times 3}{10 \times 20} = 0,02$$

$$N : V_a = \frac{n_a \times M_a}{\rho_a \times d_a} \Rightarrow V_a = \frac{0 \times 87}{10 \times 4,5} = 0,04$$

3°)

a- L'acide sulfurique est un catalyseur, il accélère la réaction.

-Eau glacée : bloque la réaction

-Phénolphthaléine : détecte le point d'équivalence.

b-

$$n_{\text{acide}}(t) = C_B V_B ; n_{\text{ester}} = n_{\text{acide réagi}} = n_{\text{acide}}(t=0s) - n_{\text{acide}}(t) \Rightarrow n_{\text{ester}} = C_B \times (V_{B0} - V_B)$$

4°)

a-

• lente : la réaction se déroule pendant 50min

• limitée : le mélange initial est équimolaire $\Rightarrow$ pas de réactif limitant n_{acide} doit s'annuler à la fin

de la réaction si elle totale or $n_{(\text{acide})_{\text{final}}} = 2.10^{-2} \text{ mol} \neq 0$

b-

$$n_{(\text{acide})_0} = n_{(\text{alcool})_0} = \frac{0,6}{10} = 6.10^{-2} \text{ mol}$$

Équation de la réaction		Acide + alcool $\rightleftharpoons$ ester + eau			
Etat du système	avancement t	Quantité de matière (mol)			
Initial (t=0s)	0	6.10^{-2}	6.10^{-2}	0	0
Intermédiaire (t)	x	$6.10^{-2} - x$	$6.10^{-2} - x$	x	x
Final (t _{final}) _{équilibre}	x _f	$6.10^{-2} - x_{\text{éq}}$	$6.10^{-2} - x_{\text{éq}}$	x _{éq}	x _{éq}

c- $x_f = \frac{X_f}{X_m}$

$$6.10^{-2} - x = 0 \Rightarrow x = 6.10^{-2} \text{ mol}$$

$$n_{(\text{acide})_0} = 6.10^{-2} \text{ mol} \Rightarrow n_{(\text{acide})_f} = 6.10^{-2} - x = 0 \text{ mol}$$

$$n_{(\text{alcool})_0} = 6.10^{-2} \text{ mol} \Rightarrow n_{(\text{alcool})_f} = 6.10^{-2} - x = 0 \text{ mol}$$

$$n_{(\text{ester})_0} = 0 \text{ mol} \Rightarrow n_{(\text{ester})_f} = x = 6.10^{-2} \text{ mol}$$

$$n_{(\text{eau})_0} = 0 \text{ mol} \Rightarrow n_{(\text{eau})_f} = x = 6.10^{-2} \text{ mol}$$

d-

$$n_{(\text{acide})_f} = n_{(\text{alcool})_f} = 2.10^{-2} \text{ mol}$$

$$n_{(\text{ester})_f} = n_{(\text{eau})_f} = 4.10^{-2} \text{ mol}$$

e-

$$K = \frac{n_{(\text{ester})_f} \cdot n_{(\text{eau})_f}}{n_{(\text{acide})_f} \cdot n_{(\text{alcool})_f}} = \frac{(4.10^{-2})^2}{(2.10^{-2})^2} = 4$$

5°)

Équation de la réaction		Acide + alcool $\rightleftharpoons$ ester + eau			
Etat du système	avancement	Quantité de matière (mol)			
Initial (t=0s)	0	0,5	0,3	0	0
Intermédiaire (t)	x	0,3-x	0,5-x	x	x

$$K = \frac{x^2}{(0,3-x)(0,5-x)} = 4 \text{ avec } x < 0,3 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow x_f^2 = 4 \times (0,3 - x_f) \times (0,5 - x_f) = 4 \times (0,15 - 0,3x_f - 0,5x_f + x_f^2)$$

$$\Rightarrow x_f^2 = 0,6 - 3,2x_f + 4x_f^2 \Rightarrow 3x_f^2 - 3,2x_f + 0,6 = 0$$

$$\Delta = (3,2)^2 - 4 \times 0,6 \times 3 = (1,74)^2$$

$$x_f' = \frac{3,2 - 1,7}{6} = 0,243 \text{ mol}$$

$$x_f'' = \frac{3,2 + 1,7}{6} = 0,82 \text{ mol} > 0,3 \text{ à rejeter}$$

$$\Rightarrow x_f = 0,24 \text{ mol}$$

$$n_{(\text{acide})_f} = 0,5 - 0,243 = 0,257 \text{ mol.}$$

$$n_{(\text{alcool})_f} = 0,3 - 0,243 = 0,057 \text{ mol.}$$

$$n_{(\text{ester})_f} = n_{(\text{eau})_f} = 0,243 \text{ mol.}$$

Équation de la réaction		Acide + alcool $\rightleftharpoons$ ester + eau			
Etat du système	avancement	quantité de matière (mol)			
Initial (t=0s)	0	n_0	0,3	0	0
Final (t _f)	x_f	$n_0 - x_f$	$0,3 - x_f$	x_f	x_f

1^{er} cas :

$$0,243 \text{ mol}$$

$$x_f = 0,243 \text{ mol}$$

$$n_{(\text{acide})_f} = n_0 - x_f = 0,257 \text{ mol}$$

$$n_{(\text{alcool})_f} = 0,3 - 0,243 = 0,057 \text{ mol}$$

$$n_{(\text{ester})_f} = n_{(\text{eau})_f} = 0,243 \text{ mol}$$

2^{ème} cas : $S_0 = 0,3$

l'acide est le réactif limitant $x_m = n_0$

or $e_{\tau} = \frac{x_f}{x_m} = \frac{x_f}{n_0} = \frac{x_f}{\tau n_0}$

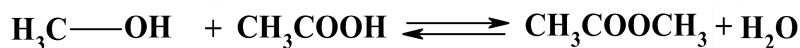
$$k = \frac{x_f^2}{(n_0 - x_f)^2} = \frac{n_0^2 \tau^2}{n_0 (n_0 - \tau n_0)^2} = 4$$

$$= 0,90^2 \cdot 0,05^2 = 0,002025$$

$$= \frac{0,05}{1,0 - 0,90} = 0,055 \text{ mol}$$

Exercice N°5 :

1°)



□ Réaction lente, limitée et

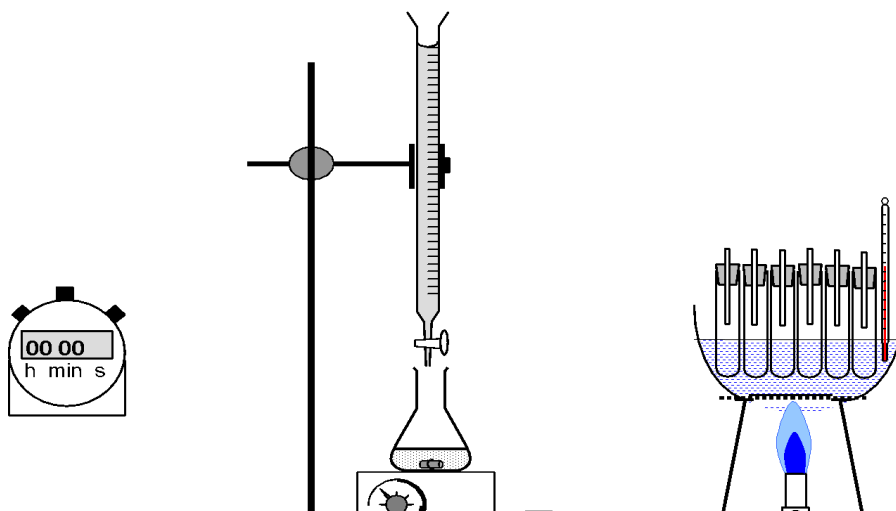
athermique

□ À partir de la courbe :

- Caractère lent : la réaction se déroule pendant 2h

- Caractère limitée : le mélange initial est équimolaire $\Rightarrow$ pas de réactif limitant. Si la réaction étant total alors $n_{\text{ac}} = 0$ or $n_{\text{ac}} = 3 \text{ mmol} \neq 0$

2°) On divise le mélange en des prélèvements de même volume. Pour différents instants de dates t on dose l'acide restant par une solution de soude de concentration connue.



3°)

a-

Équation de la réaction		Acide + alcool $\rightleftharpoons$ ester + eau			
Etat du système	avancement	Quantité de matière (mol)			
Initial (t=0s)	0	9.10^{-3}	9.10^{-3}	0	0
Intermédiaire (t)	x	$9.10^{-3} - x$	$9.10^{-3} - x$	x	x
Final (t _{final})	x _f	$9.10^{-3} - x_{\text{éq}}$	$9.10^{-3} - x_{\text{éq}}$	x _{éq}	x _{éq}

b- $n_{(\text{acide})f} = 3.10^{-3} = 9.10^{-3} - x_{\text{éq}} \Rightarrow x_{\text{éq}} = 9.10^{-3} - 3.10^{-3} = 6.10^{-3} \text{ mol.}$

$$\Rightarrow \begin{cases} n_{(\text{acide})_{\text{éq}}} = 3.10^{-3} \text{ mol} \\ n_{(\text{alcool})_{\text{éq}}} = 3.10^{-3} \text{ mol} \\ n_{(\text{ester})_{\text{éq}}} = n_{(\text{eau})_{\text{éq}}} = 6.10^{-3} \text{ mol.} \end{cases}$$

c-

Si la réaction était totale $\Rightarrow 9.10^{-3} - x_{\text{max}} = 0 \Rightarrow x_{\text{max}} = 9.10^{-3} \text{ mol}$

$$\tau_f = \frac{6.10^{-3}}{9.10^{-3}} = \tau_f = 0,67$$

d-

$$k = \frac{[\text{ester}] \times [\text{eau}]}{[\text{acide}] \times [\text{alcool}]} = \frac{n_{(\text{ester})_{\text{éq}}} \times n_{(\text{eau})_{\text{éq}}}}{n_{(\text{acide})_{\text{éq}}} \times n_{(\text{alcool})_{\text{éq}}}} = \frac{x_f^2}{(9.10^{-3} - x_f)^2}$$

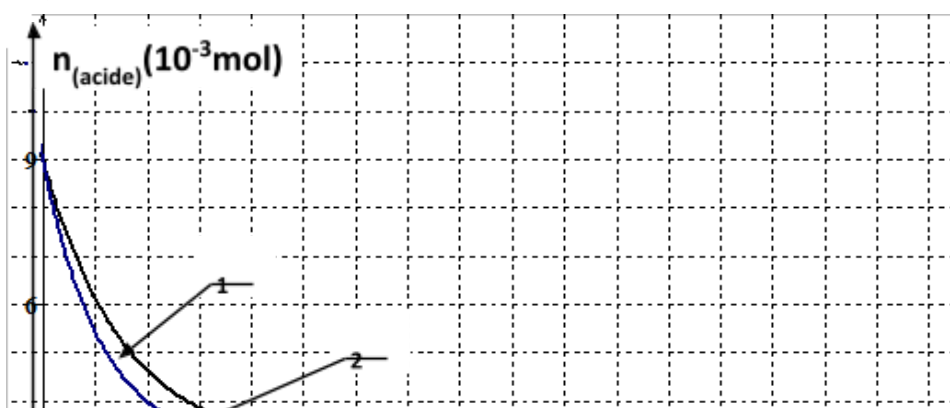
$$\Rightarrow k = \frac{(9.10^{-3} \tau_f)^2}{(9.10^{-3})^2 \cdot (1 - \tau_f)^2} \Rightarrow k = \frac{\tau_f^2}{(1 - \tau_f)^2}$$

4°)

•

$\theta_2 > \theta_1$: l'augmentation de la température accélère la réaction sans modifier la composition à l'équilibre car la réaction est athérmique.

•



Exercice N°6 :

I-
1°)

Équation de la réaction		Acide + alcool $\rightleftharpoons$ ester + eau			
Etat de système	avancement	Quantité de matière (mol)			
Initial (t=0s)	0	a	a	0	0
Intermédiaire (t)	x	a-x	a-x	x	x
Final(t _{final})	x _f	a-x _{éq}	a-x _{éq}	x _{éq}	x _{éq}

$$\tau_f = \frac{x_f}{x_{\max}} = \frac{x_f}{a} \Rightarrow x_f = a \cdot \tau_f$$

$$K = \frac{x_f^2}{(a-x_f)^2} = \frac{a^2 \cdot \tau_f^2}{(a-a \cdot \tau_f)^2} = \frac{\tau_f^2}{(1-\tau_f)^2}$$

2°)

A(I) $\tau_f = 0,6 \Rightarrow K = \frac{(0,6)^2}{(1-0,6)^2} = 4,5$

A(II) $\tau_f = 0,7 \Rightarrow K = \frac{(0,7)^2}{(1-0,7)^2} = 2,25$

II-
1°)

$$a- \quad n = \frac{m}{M} = \frac{0,4 \text{ g}}{160 \text{ g/mol}} = 0,0025 \text{ mol}$$

$$n_{\text{acide}} = \frac{1}{4} \cdot \frac{0,4 \text{ g}}{160 \text{ g/mol}} = 0,000625 \text{ mol}$$

$$n_{\text{alcool}} = \frac{0,7 \text{ g}}{86 \text{ g/mol}} = 0,0081 \text{ mol}$$

$$V_{\text{acide}} = \frac{n}{V_f} = \frac{0,0025}{(1-29,2) \cdot 10^{-3}} = 7,46 \text{ mL}$$

$$V_{\text{acide}} = 7,46 \text{ mL}$$

2°)

$$n_{(ac)_0} = [\text{acide}]_0 \times V_0 = 0,025 \text{ mol} = n_{(al)_0} = 0,025 \text{ mol}$$

a- à t_1 dosage de l'acide restant

$$n_{(ac)_{t_1}} = n(\text{base}) = C_B \cdot V_B = 0,01 \text{ mol}$$

$$n_{(\text{ester})_{t_1}} = n_{(ac)_0} - n_{(ac)_{t_1}} = 0,02 - 0,01 = 0,015 \text{ mol}$$

b-
$$\tau_{t_1} = \frac{x_{t_1}}{x_{\max}} = \frac{0,015}{0,025} = 0,6$$

c-

- Si l'alcool est secondaire $\tau_f = 0,6 = \tau_{t_1} \Rightarrow$ le système est en équilibre
- Si l'alcool est primaire $\tau_f = 0,67 > \tau_{t_1} \Rightarrow$ le système n'est pas en équilibre.