

Question 1 :

La concentration du composé 'A' fut mesurée en fonction du temps lors d'une réaction chimique. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Temps (min.)	0,0	100,0	200,0	300,0	400,0
Concentration (mg/L)	1 000,00	590,00	410,00	290,00	210,00

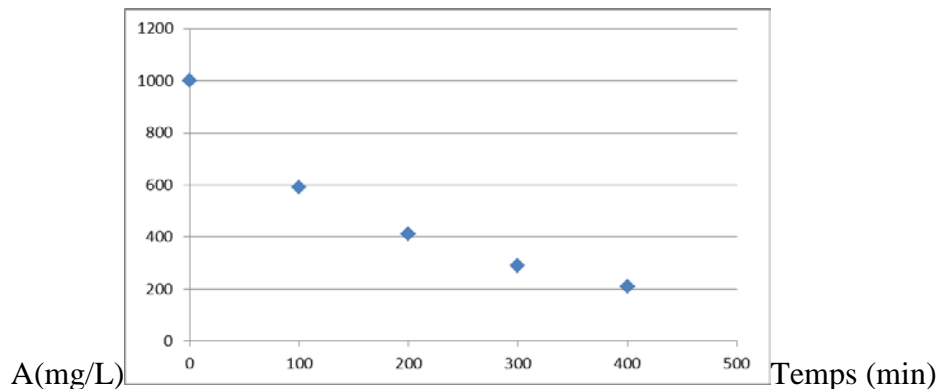
(a) Déterminer l'ordre de la réaction et la constante de vitesse (k_A) du composé 'A' (montrez tout votre travail et les évaluations de trois ordres cinétique '0', '1', '2' et/ou 'n').

Réponse 1 a):

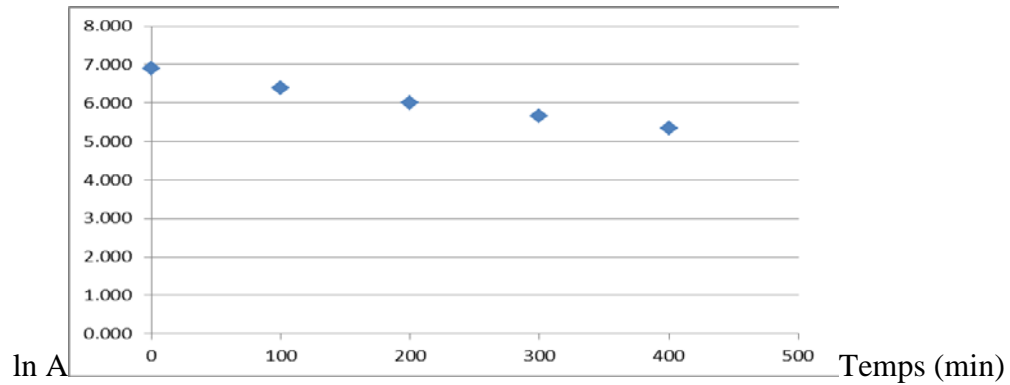
Calculez les valeurs de $\ln A$ et $1/A$:

Temps (minutes)	Concentration (mg/L)	$\ln A$	$1/A$ (L/g)
0,0	1000,00	6,908	0,00100
100,0	590,00	6,380	0,00169
200,0	410,00	6,016	0,00244
300,0	290,00	5,670	0,00345
400,0	210,00	5,347	0,00476

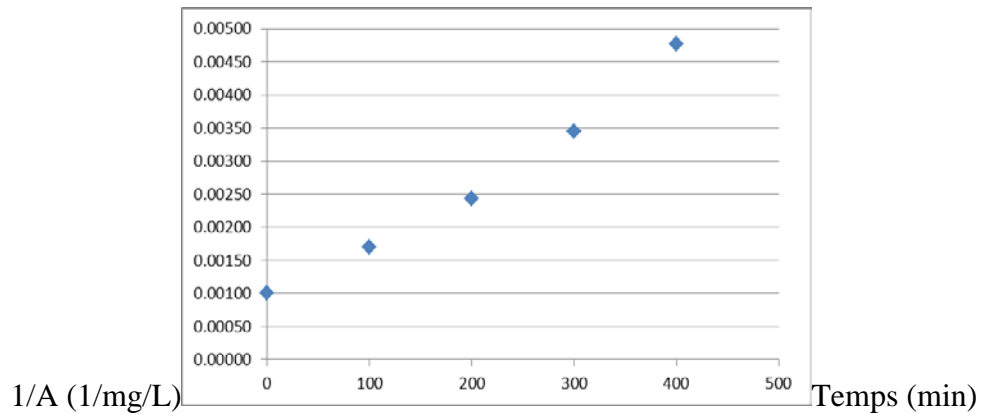
Préparez un diagramme de A vs. Temps pour investiguer l'ordre de réaction 0 :



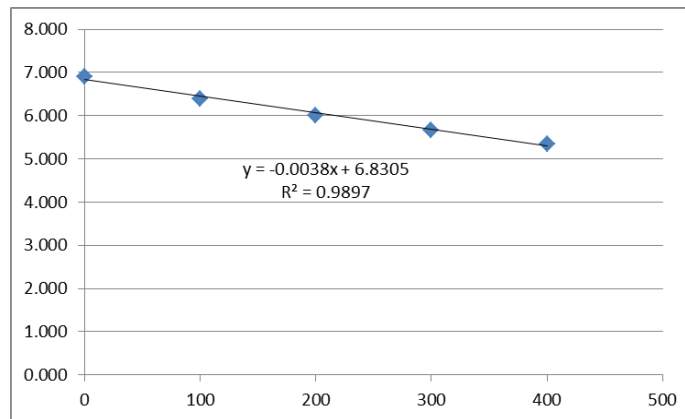
Préparez un diagramme de $\ln A$ vs. Temps pour investiguer l'ordre de réaction 1 :



Préparez un diagramme de $1/A$ vs. Temps pour investiguer l'ordre de réaction 2 :



Le graph démontrant une tendance linéaire est celui pour l'ordre de réaction 1 :



L'ordre de la réaction est donc de premier ordre et :

(a) La constante de réaction de la substance C, k_C , est la pente du graph

$$\ln \frac{C}{C_0} = -kt \quad \ln C = \ln C_0 - kt \quad k_C = 0.0038 \text{ min}^{-1}$$

(b) Est-ce que le composé 'A' est enlevé ou produit?

Réponse 1 b):

(b) 'A' est enlevé

(c) Si la demi-vie du composé 'A' est de 30 jours sous ces mêmes conditions et avec une concentration initiale de 45 mg/L, déterminer la constante de vitesse (k_A) pour une réaction d'ordre '1'.

Réponse 1 c):

$$\ln 0.5 = -k_A t_{1/2}$$

$$k_A = 0.693/t_{1/2} = 0.023 \text{ j}^{-1}$$

Question 2 :

Le canton de Berwick en Ontario utilise une lagune aérée ayant un volume liquide de 60 000 m³ pour traiter les eaux usées. La lagune a été conçue pour accommoder un débit entrant de 2 100 L/min. La DBO (demande biochimique en oxygène) est un paramètre qui aide à définir la portion biodégradable des polluants dans les eaux usées. La concentration entrante moyenne est de 254 mg DBO/L. Supposer que la vitesse de la réaction est de 0,30 jour⁻¹ pour l'enlèvement de la DBO dans la lagune et que le taux d'aération conçu pour la lagune accomplit un mélange significatif.

(a) Faire un schéma, définir le volume de contrôle, et déterminer la concentration de la DBO à la sortie de la lagune.

Réponse 2 a) :

Présomptions :

1. $\rho_i = \rho_{\text{sortie}} = \rho_w = 1000 \text{ kg/m}^3$
2. État stationnaire
3. Ordre de la réaction = 1 (d'après les unités de mesure de k)
4. La lagune est bien mélangée grâce aux aérateurs (alors lagune = CM)

Bilan de masses pour BOD:

$$QC_i = QC_{\text{sortie}} + kCV$$

$$\text{CSTR: } C_{\text{sortie}} = C$$

$$0 = QC_i - QC - kCV$$

Divisez par Q afin de simplifier (N.B. : $\theta = V/Q$):

$$0 = C_{\text{sortie}} - C - kC\theta$$

$$C = C_e / (1 + k\theta)$$

Calculez θ :

$$\theta = V/Q = (60000 \text{ m}^3) * (1000 \text{ L/m}^3) / (2100 \text{ L/min})$$

$$\theta = 28571 \text{ min} = (28571 \text{ min}) / (60 \text{ min/h}) = 476 \text{ h} = 19,8 \text{ j}$$

Trouvez C_{sortie} :

$$C_{\text{sortie}} = C = (254 \text{ mg/L}) / [1 + (0,3 \text{ d}^{-1}) * (19,8)] \text{ alors, } C_{\text{sortie}} = 36,59 \text{ mg DBO/L}$$

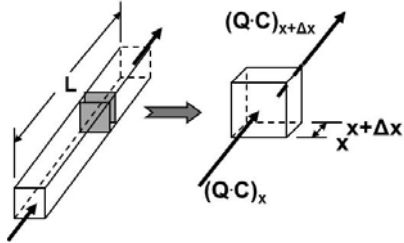
(b) Si la limite provinciale pour la DBO et son relâchement dans les cours d'eau est de 25 mg DBO/L, suggérer un changement au procédé et décrire comment ce changement permettra au canton de rencontrer la limite provinciale (*noter : une réponse adéquate peut se faire en quelques phrases ou moins*).

Réponse 2 b) :

- On pourrait augmenter le volume de la lagune et donc Theta augmenterait et la concentration du courant de sortie diminuerait. Ceci requiert un plus grand terrain.
- On pourrait ajouter un réacteur de traitement additionnel après la lagune pour réduire davantage la concentration de BOD de sortie.

(c) Déterminer la concentration de la DBO à la sortie de la lagune si des déflecteurs sont installées dans la lagune et que la lagune agit maintenant comme un réacteur PFR.

Réponse 2 c) :



$$0 = Q_x C_x - Q_{x+\Delta x} C_{x+\Delta x} + rV$$

$$(Q_{x+\Delta x} C_{x+\Delta x} - Q_x C_x) / V = r$$

Assumez: $Q_{x+\Delta x} = Q_x = Q$

Dénotez: $C_{x+\Delta x} - C_x = \Delta C$

Du diagramme: $V = \Delta X \cdot A$ où A est la région de la section.

Donc: $\left(\frac{Q \Delta C}{A \Delta X} \right) = r$

$r = -kC$ (premier ordre)

$$\frac{Q}{A} \frac{dC}{dX} = -kC$$

$$-\frac{A}{Q} \int_0^L dX = \frac{1}{k} \int_{C_0}^{C_t} \frac{dC}{C}$$

$$\tau = \frac{\ln C_0 - \ln C_t}{k}$$

$$C_{eff} = C_e \cdot e^{-k\tau}$$

$$C_{eff} = \left(254 \frac{mg \text{ BOD}}{L} \right) \cdot e^{-(0.3 \text{ j}^{-1}) \cdot (19.8 \text{ j})} = 0.66 \frac{mg \text{ BOD}}{L}$$

Question 3 :

Une usine de fabrication de produits pharmaceutiques génère un composé 'B' à partir d'un composé 'A'. Le procédé consiste d'une réaction $A \rightarrow B$. La fabrication est effectuée en dedans de deux réacteurs en série (un réacteur à flux continu suivi d'un réacteur continuellement mélangé).

Données :

$$Q_{\text{premier réacteur}} = 0,05 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_{\text{premier réacteur}} = 10 \text{ m}^3$$

$$C_{A,\text{entrant}} = 250 \text{ g/m}^3 \text{ (entrant au premier réacteur)}$$

unités de mesure : 1/s

$$C_{A,\text{sortant}} = 50 \text{ g/m}^3 \text{ (sortant au deuxième réacteur)}$$

unités de mesure : m³/(g·s)

Faire un schéma, définir le volume de contrôle, noter vos présomptions et déterminer le volume du deuxième réacteur.

a) Selon un ordre de réaction '1', $r_A = -10^{-3} \cdot C_A$

Réponse 3 a):

PFR (premier réacteur)

$$V \frac{dC}{dt} = -kCV$$

$$\int_{C=C_0}^{C=C_f} \frac{dC}{C} = -k \int_{t=0}^{t=\theta} dt$$

$$\ln \frac{C_f}{C_0} = -k\theta$$

$$C_f = C_0 \cdot \exp(-k\theta)$$

$$C_f = 250 \text{ g/m}^3 \cdot \exp(-0,001 \cdot 100 / 0,05)$$

$$C_f = 204,68 \text{ g/m}^3$$

CM (deuxième réacteur)

$$C_0 = C_{f,\text{PFR}} = 204,68 \text{ g/m}^3$$

$$C_f = 50 \text{ g/m}^3$$

$$0 = QC_0 - QC_f - kC_fV$$

$$0 = C_0 - C_f - kC_f \frac{V}{Q}$$

$$\frac{C_f - C_0}{C_f} = -k\theta$$

$$\theta = (50 - 204,68) / [-0,001 \cdot 50] = 3093,65 \text{ secondes}$$

$$V = \theta \cdot Q = 3093,65 \text{ s} \cdot 0,05 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = 154,68 \text{ m}^3$$

10 et non 100,
selon les données
et pour un C_f de
204,68 g/m³

b) Selon un ordre de réaction '2', $r_A = -10^{-2} \cdot C_A^2$

Réponse 3 b):

PFR (premier réacteur)

$$V \frac{dC}{dt} = -kC^2V$$

$$\int_{C=C_0}^{C=C_f} \frac{dC}{C^2} = -k \int_{t=0}^{t=\theta} dt$$

$$\frac{1}{C_f} - \frac{1}{C_0} = k\theta$$

$$C_f = \frac{1}{\left(\frac{1}{C_0} + k\theta\right)}$$

$$C_f = \frac{1}{\left(\frac{1}{250} + 0,00001 * \frac{10}{0,05}\right)}$$

$$C_f = 166,67 \text{ g/m}^3$$

CM (deuxième réacteur)

$$C_0 = C_{f, \text{PFR}} = 166,67 \text{ g/m}^3$$

$$C_f = 50 \text{ g/m}^3$$

$$0 = QC_0 - QC_f - kC_f^2V$$

$$0 = C_0 - C_f - kC_f^2 \frac{V}{Q}$$

$$\frac{C_f - C_0}{C_f^2} = -k\theta$$

$$\theta = \frac{C_f - C_0}{-kC_f^2}$$

$$\theta = \frac{166,67 - 50}{-0,00001 * 166,67^2}$$

$$\Theta = 420 \text{ s}$$

$$V = \Theta * Q = 420 * 0,05 = 21 \text{ m}^3$$