

ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

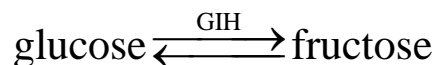
SESSION DE MAI 2014

- Toute documentation permise
- Calculatrice: modèles autorisés seulement
- Durée de l'examen: 3 heures
- Deux (2) feuilles de papier millimétré requises

14-AL-B2 Génie biochimique

QUESTION 1 (10+5+5+10+5+5= 40 points): Cinétique enzymatique

On vous demande de mettre en œuvre un procédé enzymatique d'isomérisation du glucose (le substrat, S) en fructose (le produit, P) pour la préparation de solutions sucrées pour l'industrie alimentaire. L'enzyme *glucose isomérase humaine* (GIH) est la plus efficace pour ce faire, pour la réaction réversible suivante :



Vous devez caractériser la cinétique de cette enzyme et prévoir la durée d'une réaction cuvée (batch) pour atteindre une conversion donnée.

Dans un premier temps, vous effectuez une série d'expérience en taux initiaux qui vous donnent des vitesses de réaction en fonction de différentes concentrations de glucose et/ou de fructose. Le tableau ci-dessous rapporte ces résultats pour une concentration enzymatique de 1 μM :

S (mM)	P (mM)	r (mM/s)
0	0	0,000
0,25	0	0,033
0,50	0	0,044
1,00	0	0,053
2,00	0	0,060
4,00	0	0,063
0	0,03	-0,291
0	0,06	-0,402
0	0,12	-0,497
0	0,24	-0,563
0	0,48	-0,603

- a) Calculez les valeurs des paramètres r_s , r_p , K_s et K_p de l'équation cinétique enzymatique pour une réaction réversible suivante:

$$r = \frac{\frac{r_s}{K_s} S - \frac{r_p}{K_p} P}{1 + \frac{S}{K_s} + \frac{P}{K_p}}$$

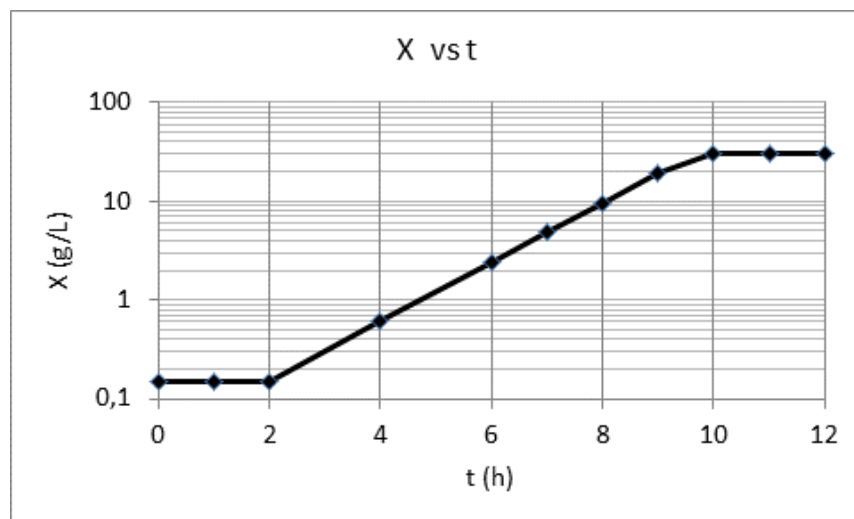
- b) Cette réaction étant réversible, calculez-en la constante d'équilibre, K_e . Est-ce que cette constante favorise la production de fructose? Quel genre de procédé vous permettrait de favoriser davantage la production de fructose;
- c) Développez la relation de conservation reliant la concentration en substrat et en produit dans un réacteur de type cuvée, à partir des concentrations initiales S_0 et P_0 , où $P_0=0$;
- d) Développez la solution mathématique analytique pour l'évolution de la concentration en substrat de cette réaction dans un procédé de type cuvée, pour une concentration totale en enzyme, E_{tot} , quelconque;
- e) Quelle serait la conversion de S à l'équilibre pour une concentration initiale de substrat de 25 mM, supposant que la concentration en produit initiale est nulle?
- f) Quel serait le temps requis pour atteindre 95% de cette conversion à l'équilibre?

Note : $\int [1/(k-x)]dx = -\ln(k-x)$; $\int [x/(k-x)]dx = -k \cdot \ln(k-x) - x$.

QUESTION 2 (5+5+5 = 15 points): Données de croissance cellulaire

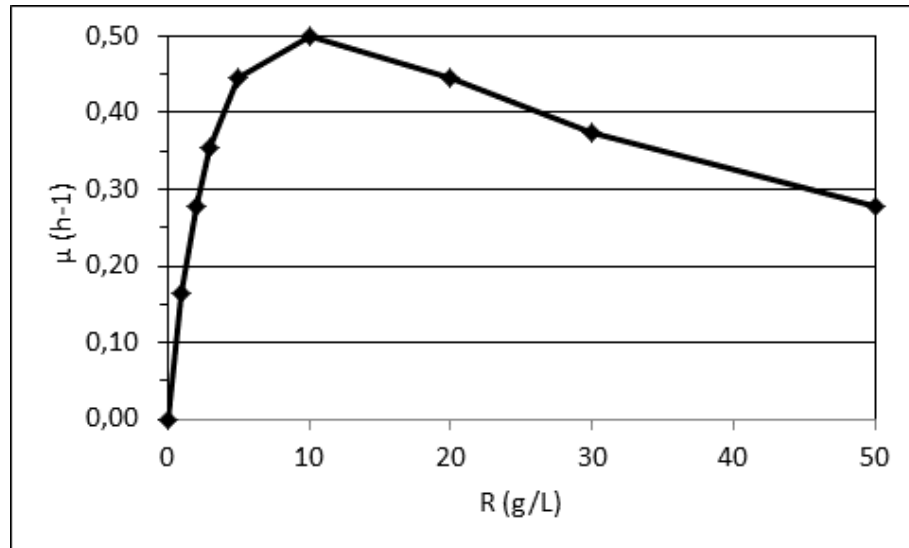
À partir des données présentées sur le graphique ci-dessous, montrant l'évolution de la concentration en microorganismes (X , g/L) en fonction du temps (t , h) d'une cuvée bactérienne:

- a) Formulez le modèle mathématique de croissance le plus simple possible permettant de représenter ces données; Justifiez votre réponse;
- b) Évaluez la valeur du (des) paramètre(s) de ce modèle; Quelle est la valeur du temps de doublement? Quelle était la durée de la période de latence?
- c) Étant donné que cette culture bactérienne a été amorcée dans un milieu avec une concentration en substrat limitant de 100 g/L, estimez la valeur du rendement cellules/substrat, $Y_{x/s}$.



QUESTION 3 (5+10+5+5 = 25 points): Cinétique microbienne

La vitesse de croissance spécifique (μ , en h^{-1}) d'une culture microbienne dégradant un polluant R a été déterminée pour différentes concentrations de ce polluant, considéré comme le substrat limitant. Les résultats apparaissent sur la figure ci-dessous.



- Quel modèle cinétique représente le mieux les résultats obtenus?
- Mettre en forme graphiquement les données de manière à estimer le plus précisément possible la valeur des paramètres de ce modèle cinétique.
- Déterminez la valeur de ces paramètres.
- Si vous souhaitez réaliser cette fermentation, déterminez précisément la concentration de polluant à laquelle la vitesse de croissance spécifique serait maximale. Quelle serait la valeur de cette vitesse?

QUESTION 4 (5+5+5+5 = 20 POINTS): Fermentation en chemostat

Vous souhaitez mettre en œuvre le microorganisme décrit au problème précédent (#3) dans un bioréacteur parfaitement agité opéré en continu, un chemostat. Pour ce faire, vous désirez opérer ce bioréacteur à la plus grande vitesse de croissance spécifique possible, pour réduire la concentration en polluant d'un effluent composé à 30 g/L de R.

- Quel serait alors le taux de dilution (D , h^{-1}) auquel vous opéreriez ce chemostat?
- Quel serait la concentration de polluant R à la sortie du chemostat?
- Quel serait la vitesse volumétrique d'enlèvement de ce polluant, en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ de bioréacteur $\cdot \text{j}^{-1}$?
- Si le coefficient de rendement cellule/polluant, $Y_{x/r}$, est égal à 0,25, quelle serait la concentration en microorganisme dans le bioréacteur? Quelles sont les hypothèses essentielles pour parvenir à cette estimation?