



ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION DE MAI 2013

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

04-Chim-B4 Génie biochimique

QUESTION 1 (5+5+5+5 = 20 points): Cinétique enzymatique

La vitesse initiale d'une réaction enzymatique (r) a été déterminée pour différentes concentrations en substrat limitant (S). Les résultats obtenus sont présentés au tableau ci-dessous.

S (mM)	r (mM \cdot min $^{-1}$)
0	0,00
1	0,50
2	0,83
3	1,07
5	1,33
10	1,50
20	1,33
30	1,13
50	0,83

- Quel modèle cinétique enzymatique 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 souhaitiez réaliser cette réaction enzymatique, déterminez précisément la concentration de substrat à laquelle la vitesse de réaction serait maximale. Quelle serait la valeur de cette vitesse?

QUESTION 2 (5+5+5+5+10 = 30 points): Planification d'une fermentation microbienne en cuvée (batch)

Une nouvelle souche bactérienne, *P. quebecensis*, a été identifiée comme très utile pour la production d'une biomolécule révolutionnaire, la P52, permettant de guérir le cancer. La cinétique de croissance de cette bactérie a été caractérisée, ce qui a permis de démontrer qu'elle répond à une loi de Monod, dont les paramètres prennent la valeur de $\mu_{\text{MAX}} = 0,023 \text{ min}^{-1}$ et $K_S = 15 \text{ g/L}$. On sait également que la production de P52 répond à la loi de Luedeking-Piret, avec des paramètres $\alpha = 0,5 \text{ g/g}$ et $\beta = 0,002 \text{ g/g/min}$. Finalement, le coefficient de rendement micro-organisme sur substrat a été estimé à une valeur constante de $0,4 \text{ g/g}$. Pour préparer une fermentation de ce micro-organisme en cuvée avec des concentrations initiales en bactéries de $0,2 \text{ g/L}$ et en substrat limitant de 30 g/L , on vous demande de simuler le comportement de cette bioréaction pour une période de 6h.

- Déterminez les taux de croissance spécifique (μ), de consommation du substrat limitant spécifique (q_S) ainsi que de production de P52 spécifique (q_P) initiaux.
- Calculez la concentration en micro-organisme (X) maximale qui pourrait être atteinte.
- Dans le cas où β serait nul, calculez la concentration en produit (P) maximale qui pourrait être atteinte.
- Développez l'équation algébrique qui permettra de déterminer l'évolution des concentrations de micro-organisme (X) et de substrat (S) en fonction du temps (t). Évaluez le temps de fermentation écoulé nécessaire pour l'obtention d'une concentration de micro-organismes de 12 g/L .
- Développez l'équation algébrique qui permettra de déterminer l'évolution de la concentration en P52 (P) en fonction du temps (t). Évaluez cette concentration pour le temps calculé en (d).

QUESTION 3 (5+5+5+5+5+5+5 = 35 points): Fermentation en cuvée alimentée

Pour le micro-organisme décrit au problème précédent, on vous demande maintenant de mettre en œuvre une fermentation de type cuvée alimentée, dont le débit d'alimentation (F) suivra une courbe exponentielle afin de suivre la croissance cellulaire. Aux conditions de départ également décrites au problème précédent ainsi qu'un volume initial de culture de 100 L, déterminez les conditions d'opération pour mener cette fermentation à un volume de 200 L avec une solution d'alimentation dont la concentration en substrat limitant est de 300 g/L. En supposant que votre critère de conception consiste à vouloir maintenir une concentration en substrat constante (30 g/L) dans le fermenteur:

- Calculez le débit initial en solution d'alimentation.
- Faites un bilan différentiel sur le volume de bioréaction (V) et résolvez cette relation en fonction de F et du temps (t).
- Faites un bilan différentiel sur le produit ($X \cdot V$) et résolvez cette relation.
- Faites un bilan différentiel sur le substrat limitant et résolvez cette équation afin d'obtenir une relation pour F en fonction des paramètres et variables connues.
- Utilisez la relation obtenue en (d) et déterminez le temps total de la fermentation à partir de l'équation développée en (b).
- Calculez la quantité totale de biomasse obtenue en fin de fermentation.
- En supposant le paramètre β nul, calculez la quantité totale de P52 obtenue.

QUESTION 4 (5+5+5 = 15 POINTS): Fermentation en chemostat

Soit une fermentation en chemostat, pour laquelle plusieurs régimes permanents ont été obtenus en fonction de différents taux de dilution (D).

$D \text{ (h}^{-1}\text{)}$	$S \text{ (g/L)}$	$X \text{ (g/L)}$
0,00	0	15
0,20	2,5	14
0,40	6,7	13
0,60	15	11
0,80	40	3

Déterminez:

- Le type de cinétique de croissance.
- Les paramètres de ce modèle cinétique.
- Le coefficient de rendement biomasse sur substrat.