

EPFL | ChE-201 Introduction au génie chimique | Questions d'examen final - 31 janvier 2024

Règles :

1. Cet examen est sur papier : aucun matériel électronique n'est autorisé à l'exception d'une calculatrice.
2. Vous avez accès à vos notes et à tout matériel supplémentaire que vous avez apporté.
3. Vous disposez de 180 minutes pour résoudre l'examen.
4. Vous devez présenter une pièce d'identité avec photo valide. Veuillez la placer visiblement sur votre bureau.
5. Si vous devez aller aux toilettes, veuillez lever la main et nous vous accompagnerons.

Instructions :

1. Inscrivez votre prénom sur ce livret de questions et sur toutes vos feuilles de réponse.
2. Répondez à toutes les questions sur vos feuilles de réponse ou le livret de questions.
3. À la fin de l'examen, remettez à la fois le livret de questions et toutes vos feuilles de réponse. Veuillez montrer tout votre travail.
4. Ne vous attendez pas à ce que le correcteur devine votre raisonnement. Votre note dépendra du raisonnement que vous avez utilisé ainsi que de la clarté et de la correction de vos réponses.
5. Il y a trois exercices au total sur les sujets suivants : bilan de masse non réactif, bilan d'énergie non réactif, bilan d'énergie réactif. Si vous avez des difficultés sur une question, vous pouvez passer à la suivante et y revenir plus tard.
6. Il y a 100 points évaluable au total. Le nombre de points associés à chaque exercice est indiqué respectivement au début de l'exercice.
7. Nous vous souhaitons bonne chance et beaucoup de succès !

Prénom : _____

Nom : _____

N ° Sciper: _____

Page réservée aux examinateurs. NE PAS ÉCRIRE SUR CETTE PAGE.

Notation :

Lorsque la note de l'examen de mi-semestre est supérieure à celle de l'examen final, la note finale de la classe est calculée comme suit : 30 % de la note de l'examen de mi-semestre plus 70 % de la note de l'examen final.

Lorsque la note de l'examen de mi-semestre est inférieure à celle de l'examen final, la note finale de la classe est simplement égale à la note de l'examen final.

Final Exam Grade:

Problem	Points
Mass Balance non-reactive	/35
Energy Balance Non-Reactive	/25
Energy Balance Reactive	/40
Total	/100

Class Grade:

Exam	Points
Midterm Exam Grade	/6
Final Exam Grade	/6
Weighted Average Grade	/6
Final Class Grade	/6

Page réservée aux examinateurs. NE PAS ÉCRIRE SUR CETTE PAGE.

Problème 1 : Bilan de masse non réactif (35 points)

Instructions :

La récupération du soluté désiré d'une solution peut parfois être accomplie en utilisant un second solvant qui est immiscible avec la solution mais qui dissout préférentiellement le soluté. Ce type de processus de séparation est connu sous le nom d'extraction par solvant.

Pour notre problème, le benzène (B) est séparé d'un flux de raffinerie contenant 70 % (masse) de benzène dans un mélange d'hydrocarbures composé de paraffine et de naphtène (que nous désignerons désormais comme composés non-benzène (NB)) au moyen de SO₂ liquide. Le flux d'alimentation (F1) passe à travers trois unités consécutives où le benzène est concentré pour produire le flux de raffinat (F4). En contre-courant, le flux de solvant (F5) contenant du SO₂ pur capture des composés non-benzène et un peu de benzène à travers les mêmes trois unités pour produire le flux d'extraît (F8).

Nous utilisons 3 kg de SO₂ par 1 kg de flux d'alimentation. Le flux de raffinat contient 1/6 (fraction massique) de SO₂ et le reste de benzène. Le flux d'extraît contient tout le matériel non-benzène, un peu de SO₂, et ¼ kg de benzène (B) par 1 kg d'hydrocarbures non-benzène (NB).

Utilisez une base de 1000 kg/h pour le flux d'alimentation.

Questions :

- (a) Dessinez et légendez un schéma du processus.
- (b) Effectuez une analyse de degré de liberté du problème.
- (c) Déterminez le pourcentage de récupération du benzène (kg de benzène dans le flux de raffinat par kg de benzène dans le flux d'alimentation) ?
- (d) Supposons désormais que la séparation du benzène est de 92 % dans l'unité I et de 80 % dans l'unité II, et que les compositions de benzène dans les flux d'alimentation vers les unités II et III sont de 86,25 % et 95 %, respectivement dans F2 et dans F3. Calculez tous les flux et compositions (massiques) des flux de ce problème en remplissant le tableau ci-dessous.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
Total[kg/h]								
x_B [kg _B /kg]								
x_{NB} [kg _{NB} /kg]								
x_{SO_2} [kg _{SO2} /kg]								

Problème 2 : Bilan énergétique non réactif (25 points)

Instructions :

Une unité de séparation par membrane adiabatique est utilisée pour sécher (retirer la vapeur d'eau de) un mélange gazeux contenant 10,0 % molaire de $\text{H}_2\text{O}(\text{v})$, 10,0 % molaire de CO et le reste de CO_2 . Le mélange gazeux entre dans l'unité à 30°C et passe à côté d'une membrane semi-perméable. La vapeur d'eau du mélange gazeux traverse alors la membrane dans un flux d'air. Finalement, le mélange gazeux séché quitte le séparateur à 30°C , contenant 2,0 % molaire de $\text{H}_2\text{O}(\text{v})$ et le reste de CO et CO_2 . Le flux d'air entre d'abord dans le séparateur à 50°C avec une humidité absolue de 0,002 kg $\text{H}_2\text{O}/\text{kg}$ d'air sec et sort ensuite à 48°C avec un contenu en eau supplémentaire provenant du mélange gazeux.

Notez que nous supposons que :

- Les quantités de CO, CO_2 , O_2 et N_2 qui traversent la membrane sont négligeables.
- Tous les flux gazeux sont à environ 1 atm.
- Le flux d'air est composé d'air sec et de H_2O .

Questions :

(a) Dessinez et légendez un schéma du processus et réalisez une analyse de degré de liberté pour vérifier que vous pouvez déterminer toutes les quantités inconnues sur le schéma.

(b) Calculez le rapport entre le flux d'air entrant et le flux de gaz entrant (kg d'air humide/mol de gaz)

(c) Calculez la fraction molaire d'eau de l'air sortant (en pourcentage).

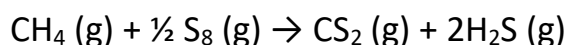
Bonus :

(d) Énumérez au moins deux propriétés souhaitables de la membrane. (Max. 2 points)

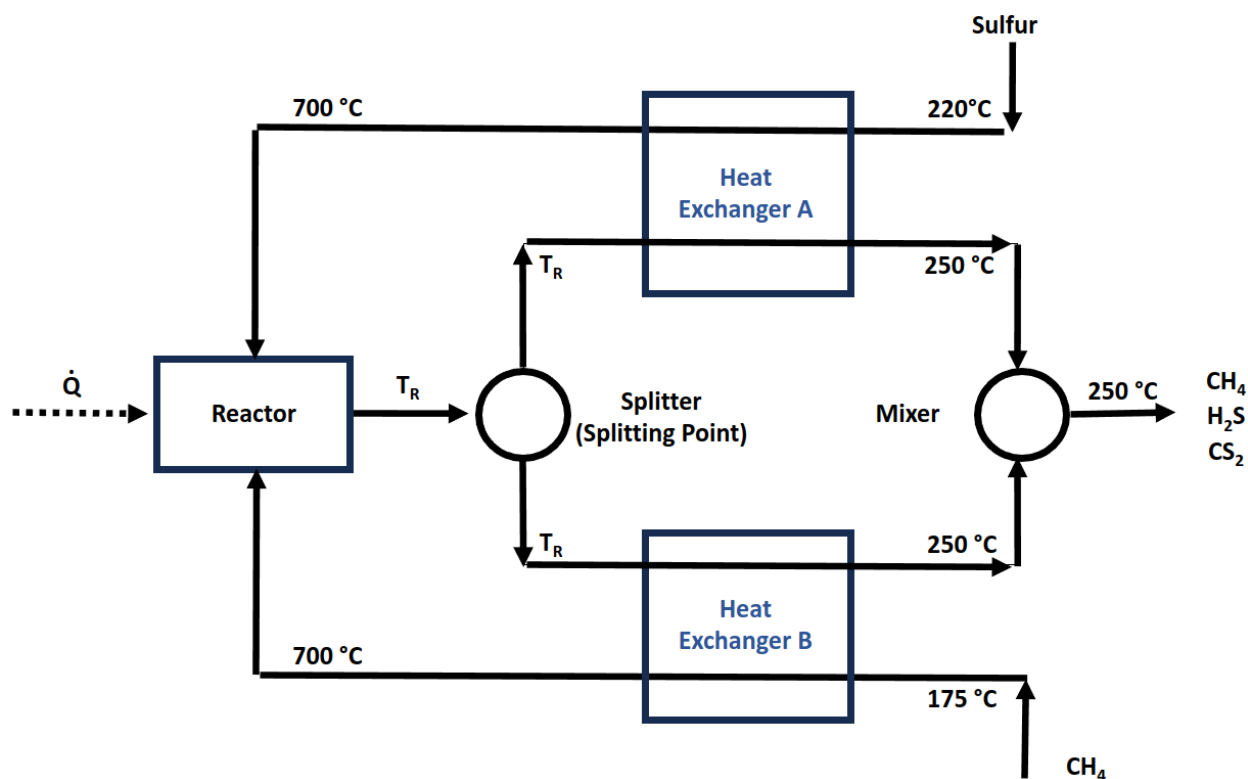
Problème 3 : Bilan énergétique réactif (40 points)

Instructions :

Le disulfure de carbone est fabriqué en faisant réagir le méthane avec de la vapeur de soufre selon la réaction :



Dans le processus illustré dans la figure ci-dessous, une conversion complète du soufre est obtenue avec une alimentation consistant en 3 mol de CH_4 pour 1 mol de S_8 . Le soufre est introduit fondu (à l'état liquide) à 220°C , et les produits quittent le processus à 250°C . Pour réaliser la réaction, les matériaux du flux entrant dans le réacteur doivent être préchauffés à 700°C par échange de chaleur. La chaleur nécessaire pour conduire cette réaction est fournie par 2 échangeurs de chaleur, l'Échangeur de Chaleur A et l'Échangeur de Chaleur B. Le flux sortant du réacteur quitte à la température T_R et est ensuite divisé en 2 flux. L'un est introduit dans l'Échangeur de Chaleur A et l'autre dans l'Échangeur de Chaleur B.



Notez que nous supposons que :

- La chaleur de réaction pour la réaction ci-dessus est de 22000 cal/mol à 250°C.
- Les pertes de chaleur dans les échangeurs de chaleur sont négligeables.
- Les 2 échangeurs de chaleur sont indépendants l'un de l'autre.
- Le diviseur de flux et le mélangeur fonctionnent tous deux sans changements de température des flux.

Utilisez uniquement les données suivantes :

Composé	État	Capacité Thermique (cal/mol °C)	ΔH_{VL} (cal/mol)
CH ₄	g	10.0	-
H ₂ S	g	9.5	-
CS ₂	g	7.6	-
S ₈	l	7.0	2200 à 445°C, 1 atm
S ₈	g	8.0	-

Comme exemple, le changement d'enthalpie spécifique du méthane à une température initiale de 25° C par rapport au méthane à une température finale de 1500°C est donné par : $\left[10 \frac{\text{cal}}{\text{mol} \cdot ^\circ\text{C}}\right] (1500^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}) = 14750 \frac{\text{cal}}{\text{mol}}$.

Supposez une base de 200 mol de S₈ alimentés/h.

Questions :

- (a) Déterminez la composition molaire du flux de sortie.
- (b) Calculez le taux d'apport de chaleur au réacteur par mole de disulfure de carbone (cal / mol CS₂). (Un bilan énergétique sur l'ensemble du processus est souvent un bon point de départ !).
- (c) Calculez le ratio dans lequel le flux d'effluent du réacteur devrait être divisé ("splitté") pour accomplir le préchauffage du flux d'alimentation à 700°C.

Bonus :

- (d) Pensez-vous que la configuration présentée est réaliste ? Expliquez votre raisonnement. (Max. 2 points)