



ChE-201 : Introduction au génie chimique  
Examen mi-semestre  
14 novembre 2025

Règles :

1. Cet examen est sur papier : aucun matériel électronique n'est autorisé, sauf 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. Veuillez la placer de manière visible sur votre bureau.
5. Si vous devez aller aux toilettes, veuillez lever la main et nous vous accompagnerons.

Instructions :

1. Écrivez votre nom sur ce livret de questions et sur toutes vos feuilles de réponse.
2. Répondez à toutes les questions sur vos feuilles de réponse ou sur le livret de questions.
3. À la fin de l'examen, rendez le livret de questions ainsi que toutes vos feuilles de réponse.
4. Veuillez montrer toutes vos étapes de votre raisonnement. Ce n'est pas au correcteur de deviner votre raisonnement. Votre note dépendra de votre raisonnement ainsi que de la clarté et de l'exactitude de vos réponses.
5. L'examen comporte trois exercices au total : bilans de masse dans des systèmes non réactifs et réactifs, et bilan d'énergie dans des systèmes non réactifs. Si vous rencontrez des difficultés avec une question, vous pouvez passer à la suivante et y revenir plus tard.
6. Le total est de 100 points. Le nombre de points attribués à chaque exercice est indiqué au début de celui-ci.
7. Nous vous souhaitons bonne chance et plein de succès !

Prénom : \_\_\_\_\_

Nom : \_\_\_\_\_

N° SCIPER : \_\_\_\_\_

Note :

..... / 100



## Problème 1 : Bilan de masse, systèmes non réactifs (30 points)

### Instructions :

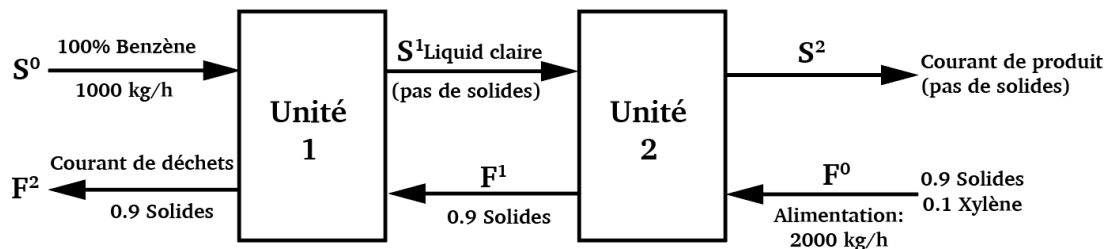
L'une des meilleures façons de réduire ou d'éliminer les déchets dangereux est la réduction à la source. Cela se fait généralement par l'utilisation de différentes matières premières ou l'élimination de la production de sous-produits dangereux. Par exemple, considérez le procédé d'extraction à contre-courant illustré ci-dessous, qui vise à récupérer le xylène d'un courant contenant 10 % de xylène et 90 % de solides (**en masse**).

Le courant contenant le xylène entre dans l'Unité 2 à un débit de 2000 kg/h. Du benzène pur est ajouté dans l'Unité 1 à un débit de 1000 kg/h pour fournir le solvant d'extraction. Les fractions massiques de xylène dans les courants solides (F) et liquides clairs (S) sont définies selon les relations suivantes :

$$10 \omega_{Xylène}^{F^1} = \omega_{Xylène}^{S^2}$$

$$10 \omega_{Xylène}^{F^2} = \omega_{Xylène}^{S^1}$$

où  $\omega_{Xylène}^A$  désigne la fraction massique de xylène dans le courant A.



### Questions :

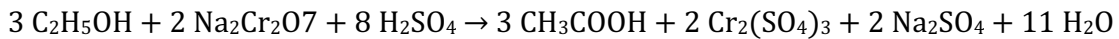
- Déterminez les concentrations de benzène et de xylène dans tous les courants.
- Quel est, à l'Unité 2, le pourcentage de récupération du xylène entrant dans le procédé ?

*Indice : Les courants  $F^1$  et  $F^2$  peuvent aussi contenir une certaine quantité de benzène.*

## Problème 2 : Bilan de masse, systèmes réactifs (35 points)

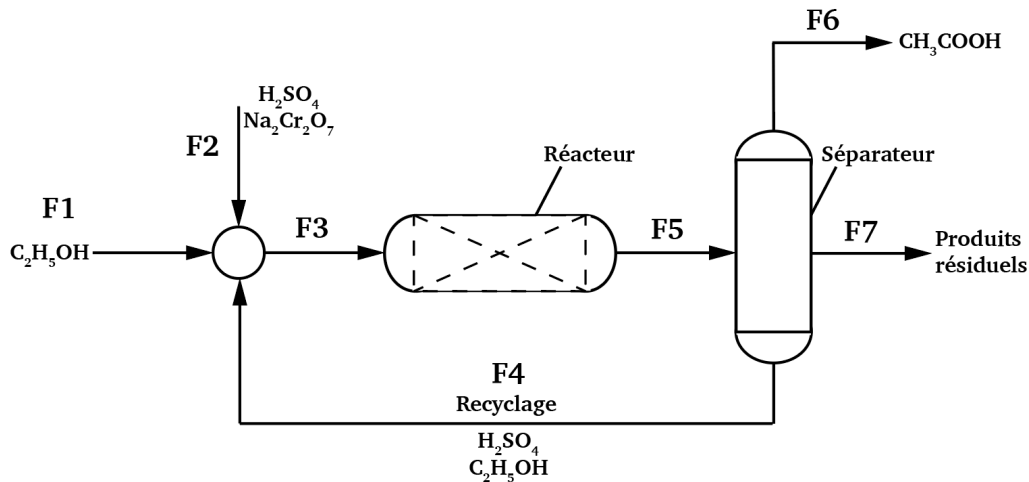
Instructions :

L'acide acétique peut être produit via la réaction suivante :



Dans le système avec recyclage de la Figure 2, une conversion globale de 90 % de  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  est obtenue, avec un débit de recyclage F4 égal au débit d'alimentation fraîche en  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  (F1). Les débits d'alimentation fraîche de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  et  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  dans F2 sont respectivement 20 % et 10 % en excès des quantités stœchiométriques nécessaires pour F1. Le courant de recyclage F4 contient 94 % molaire de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  et le reste en  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ . Tout le  $\text{CH}_3\text{COOH}$  est séparé et sort dans le courant supérieur F6.

Supposez un débit d'alimentation fraîche de  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  de **100 mol/h**.



Questions :

- Dessinez et étiquetez un schéma détaillé du procédé, avec la composition de chaque courant.
- Calculez le débit du produit supérieur F6.

c) Calculez les débits et compositions de chaque courant et remplissez le tableau ci-dessous :

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Débit (mol/h)	100						
$x_{C_2H_5OH}$	1					1	0
$x_{H_2SO_4}$	0						
$x_{Na_2Cr_2O_7}$	0						
$x_{CH_3COOH}$	0						
$x_{Cr_2(SO_4)_3}$	0						
$x_{Na_2SO_4}$	0						
$x_{H_2O}$	0						

d) Calculez la conversion de  $C_2H_5OH$  dans le réacteur.

## Problème 3 : Bilan d'énergie, systèmes non réactifs (35 points)

### Instructions :

Un mélange (1) contenant 65,0 % molaire d'acétone (Ac) et le reste d'acide acétique (AA) est séparé dans une colonne de distillation continue à 1 atm. Le courant de tête (2) provenant de la colonne est une vapeur qui passe dans un condensateur. Le liquide condensé est divisé en deux courants égaux : l'un est prélevé comme produit de tête, le distillat (3), et l'autre, le reflux (4), est renvoyé dans la colonne. Le courant de fond (5) de la colonne est un liquide qui est partiellement vaporisé dans un réchauffeur (reboiler). Le courant liquide sortant du réchauffeur constitue le produit de fond (6), tandis que la vapeur est renvoyée dans la colonne comme vapeur de remontée (7). Les pertes de chaleur dans la colonne sont négligeables, de sorte que les seuls endroits où un transfert thermique externe a lieu sont le condensateur et le réchauffeur.

Données des courants :

Courant	État	Temp. (°C)	Composition
Alimentation (1)	Liquide (l)	67.5	65 % molaire Ac, 35 % AA
Courant de tête (2)	Vapeur (v)	63.0	98 % molaire Ac, 2 % AA
Distillat (3)	Liquide (l)	56.8	98 % molaire Ac, 2 % AA
Reflux (4)	Liquide (l)	56.8	98 % molaire Ac, 2 % AA
Courant de fond (5)	Liquide (l)	98.7	x % molaire Ac, (100 - x) % AA
Produit de fond (6)	Liquide (l)	98.7	15.5% molaire Ac, 84.5 % AA
Vapeur de remontée (7)	Vapeur (v)	98.7	54,4 % molaire Ac, 45,6 % AA

Le tableau se lit comme suit : le courant (3), appelé Distillat, contient 98 % molaire d'acétone et 2 % d'acide acétique, tous deux à l'état liquide (l) et à 56,8 °C.

Données thermodynamiques :

$\hat{H}$ (cal/mol)				
$T$ (°C)	<i>Acétone</i>		<i>Acide Acétique</i>	
	$\hat{H}_l$	$\hat{H}_v$	$\hat{H}_l$	$\hat{H}_v$
56.8	0 (ref.)	7205	0 (ref.)	5723
63.0	205	7322	194	6807
67.5	354	7403	335	6884
98.7	1385	7946	1312	7420

Le tableau se lit comme suit : à 63,0 °C,  $\Delta\hat{H}_{acetone,v} = \hat{H}_{acetone,v} - \hat{H}_{acetone,l,ref} = \hat{H}_{acetone,v} - 0 = \hat{H}_{acetone,v} = 7322$  cal/mol, où : v = état vapeur et l = état liquide.

### Questions :

- a) Dessinez le schéma complet annoté.
- b) En prenant 100 mol/h comme base, calculez le besoin net en chaleur (en cal).
- c) Pour la même base, calculez la chaleur à fournir au réchauffeur (reboiler) et celle à retirer au condensateur.