

BACCALAUREAT TECHNOLOGIQUE - SESSION 2001

SERIE SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE LABORATOIRE
SPECIALITE: CHIMIE DE LABORATOIRE ET DE PROCEDES INDUSTRIELS

Epreuve de GENIE CHIMIQUE

Partie écrite

Durée : 3 heures

Coefficient : 3

*Le sujet comporte 7 pages dont deux annexes (pages 6/7 et 7/7) à rendre avec la copie.
Calculatrice autorisée.*

TECHNOLOGIE ET SCHEMA : SYNTHESE DU METHANOL

A. PRESENTATION

Le méthanol est un des composés les plus importants de la chimie organique industrielle, avec une production mondiale de l'ordre de 20 Mt/an.

Très utilisé comme solvant, c'est aussi un additif de carburants, et une matière première dans la production de nombreux composés : méthanal, méthyltertiobutyléther (MTBE), acide éthanoïque, amines diverses....

1. Principe

1.1. Réactions

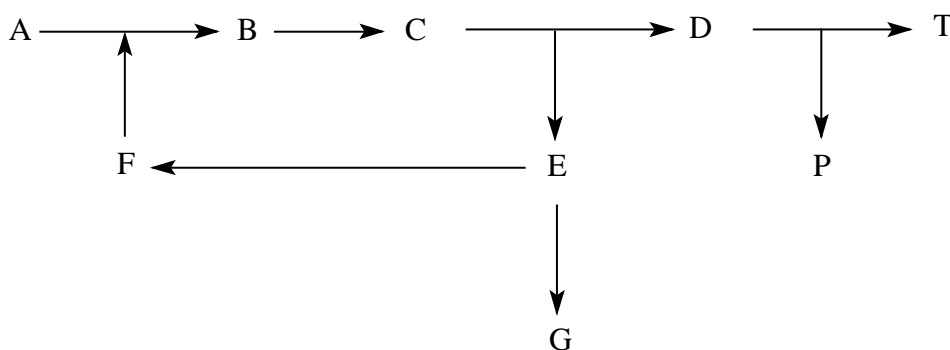
Le méthanol est produit par synthèse en continu à partir d'un mélange gazeux $\text{CO(g)} + \text{CO}_2\text{(g)} + \text{H}_2\text{(g)}$ nommé " gaz de synthèse ", issu du traitement du méthane par la vapeur d'eau.

Les réactions ci-dessous sont mises en œuvre dans un réacteur adiabatique sous pression de 50 bar à 500 K, sur lit fixe de catalyseur en poudre associant le cuivre Cu, l'oxyde de zinc ZnO, l'alumine Al_2O_3 :

/



1.2. Schéma des différentes étapes



BACCALAUREAT TECHNOLOGIQUE - SESSION 2001

SERIE SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE LABORATOIRE
SPECIALITE: CHIMIE DE LABORATOIRE ET DE PROCEDES INDUSTRIELS

Epreuve de GENIE CHIMIQUE

Partie écrite

Durée : 3 heures

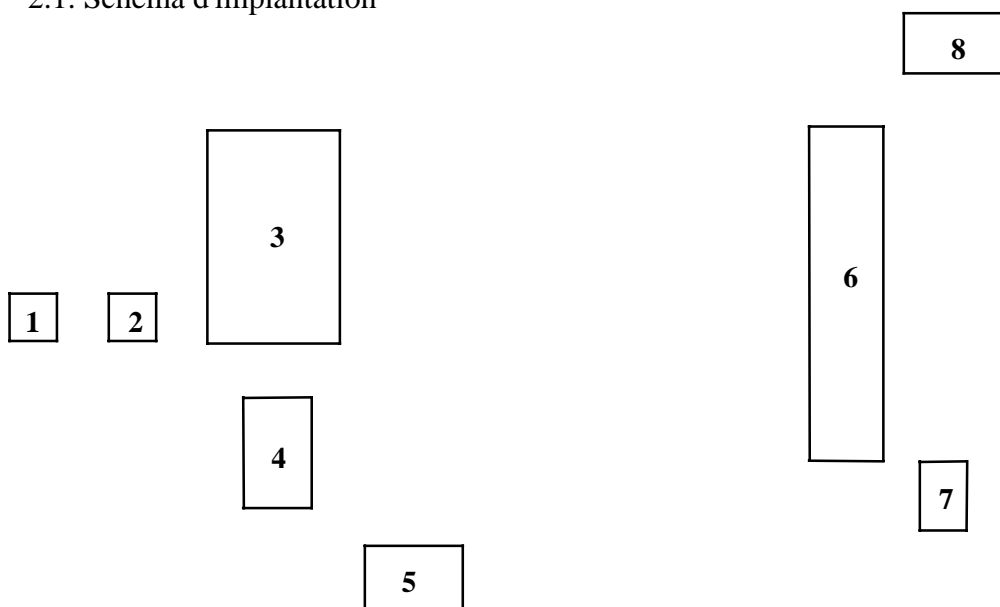
Coefficient : 3

1.3. Tableau récapitulatif des différentes étapes

Étape	Désignation du(ou des) participant(s)	Constituants	Débit massique kg.h^{-1}
A	Mélange gazeux d'appoint	CO ; CO ₂ ; H ₂	
B	Mélange gazeux de l'appoint et des gaz recyclés	CO ; CO ₂ ; H ₂	2220
C	Mélange gazeux des réactifs Non consommés et des produits	CO ; CO ₂ ; H ₂ CH ₃ OH ; H ₂ O	
D	Mélange liquide des produits Après condensation sélective	CH ₃ OH ; H ₂ O	
E	Mélange gazeux des réactifs Non consommés	CO ; CO ₂ ; H ₂	
F	Mélange gazeux des réactifs non consommés recyclés	CO ; CO ₂ ; H ₂	
G	Mélange gazeux des réactifs non consommés rejetés	CO ; CO ₂ ; H ₂	235
T	Produit principal liquide Constituant le distillat en tête de rectification	CH ₃ OH	640
P	Sous-produit liquide Constituant la fraction de pied de rectification	H ₂ O	135

2. Procédé

2.1. Schéma d'implantation



BACCALAUREAT TECHNOLOGIQUE - SESSION 2001

SERIE SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE LABORATOIRE
SPECIALITE: CHIMIE DE LABORATOIRE ET DE PROCEDES INDUSTRIELS

Epreuve de GENIE CHIMIQUE

Partie écrite

Durée : 3 heures

Coefficient : 3

2.2. Déroulement de la fabrication

Le mélange réactionnel est d'abord porté à la pression souhaitée de 50 bar par deux compresseurs **1** et **2** montés en série.

Le mélange réactionnel sous pression est traité dans le réacteur **3**, à 500 K, sur lit fixe de catalyseur (le mode de chauffage du réacteur ne sera pas représenté).

Dans un échangeur tubulaire **4** alimenté en eau froide, le mélange gazeux des produits de réaction subit une condensation sélective.

Le mélange gaz-liquide ainsi obtenu est traité dans le séparateur **5**.

Une partie de la phase gazeuse obtenue en **5**, constituée des réactifs non consommés, est réinjectée en amont du compresseur **2** pour y être comprimée à 50 bar.

L'autre partie de cette phase gazeuse obtenue en **5** est soutirée de l'atelier vers un autre atelier de retraitement (à ne pas représenter).

La phase liquide obtenue en **5** à sa température de condensation est détendue, et injectée directement au plateau d'alimentation situé au tiers supérieur de la colonne de rectification **6**, sans qu'un préchauffage soit nécessaire.

Dans l'installation de rectification continue, une partie de la fraction de pied subit l'ébullition dans un rebouilleur **7** chauffé par la vapeur, grâce à un échangeur multitubulaire, monté en thermosiphon et asservi à la différence de pression régnant dans la colonne **6**.

L'autre partie, contenant moins de 1 % de méthanol en masse, est soutirée avant épuration (à ne pas représenter).

Les condensats de la fraction de tête, produits par le condenseur **8**, subissent un reflux partiel, le taux de reflux étant asservi à la température en tête de colonne.

Le distillat, constitué de méthanol à plus de 98 % en masse et donc considéré comme pur, est récupéré (son stockage ne sera pas représenté).

BACCALAUREAT TECHNOLOGIQUE - SESSION 2001

SERIE SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE LABORATOIRE
SPECIALITE: CHIMIE DE LABORATOIRE ET DE PROCEDES INDUSTRIELS

Epreuve de GENIE CHIMIQUE

Partie écrite

Durée : 3 heures

Coefficient : 3

B. TRAVAIL DEMANDE

1. Schéma

Réaliser le schéma de cette fabrication sur l'**annexe 1 (page 6/7) à remettre avec la copie**, en y portant tous les accessoires assurant le bon fonctionnement et la sécurité de l'installation.

2. Cours

- 2.1. Définir un azéotrope binaire.
- 2.2. Donner l'allure d'un diagramme isobare liquide - vapeur d'un mélange binaire présentant un azéotrope à minimum de température.
- 2.3. Préciser si le mélange méthanol - eau étudié ici présente un azéotrope.

3. Exercices

3.1. Bilan matière

Connaissant d'une part les débits massiques de mélange réactionnel B utilisé, d'autre part les débits massiques de méthanol T, d'eau P, de gaz de purge G récupérés (voir tableau en 1.3., page 2/7), en déduire les débits massiques horaires :

- a) de mélange gazeux C sortant du réacteur **3**.
- b) de mélange liquide D sortant du séparateur **5**.
- c) de mélange gazeux non consommé E.
- d) de mélange gazeux F recyclé.
- e) de mélange gazeux d'appoint A consommé.

3.2. Hydrodynamique

On étudie ici l'acheminement du mélange liquide D, de masse volumique égale à 850 kg.m^{-3} , du détendeur au plateau d'alimentation de la colonne **6**.

Cette portion de circuit comporte un clapet de non-retour, deux coudes à angle droit, une vanne. La tuyauterie, de diamètre constant, mesure 8,0 m.

Le plateau d'alimentation est situé à 6,0 m au-dessus du niveau du détendeur.

La colonne est sous pression atmosphérique.

Calculer la pression absolue régnant à la sortie du détendeur, exprimée en bar.

BACCALAUREAT TECHNOLOGIQUE - SESSION 2001

SERIE SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE LABORATOIRE
SPECIALITE: CHIMIE DE LABORATOIRE ET DE PROCEDES INDUSTRIELS

Epreuve de GENIE CHIMIQUE

Partie écrite

Durée : 3 heures

Coefficient : 3

3.3. Rectification du mélange binaire méthanol/eau

3.3.1. Calculer la fraction molaire en méthanol, notée x , du mélange D alimentant la colonne 7.

3.3.2. Cette fraction molaire est maintenant supposée égale à 0,7. Sur le diagramme binaire isobare fourni en **annexe 2 (page 7/7)** à **remettre avec la copie**, déterminer graphiquement la température d'alimentation de la colonne en mélange liquide D saturé.

3.3.3. Déterminer graphiquement la fraction molaire en méthanol de la vapeur émise au plateau d'alimentation.

3.3.4. Déterminer graphiquement le nombre de plateaux théoriques qui seraient nécessaires, si on opérait à reflux total, pour obtenir :

- une fraction de tête de fraction molaire en méthanol supérieure à 0,98
- une fraction de pied de fraction molaire en méthanol inférieure à 0,02.

DONNEES

- Masses molaires :

$$M_{\text{CO}} = 28 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$M_{\text{CO}_2} = 44 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$M_{\text{H}_2} = 2 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$M_{\text{CH}_3\text{OH}} = 32 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$M_{\text{H}_2\text{O}} = 18 \text{ g.mol}^{-1}$$

- Pression atmosphérique : $P_0 \approx 1,0 \text{ bar} = 1,0 \times 10^5 \text{ Pa}$

- Accélération de la pesanteur : $g \approx 10 \text{ m.s}^{-2}$

- Longueur équivalente de tuyau droit :

• d'un clapet de non-retour : 3,5 m

• d'un coude à angle droit : 1,3 m

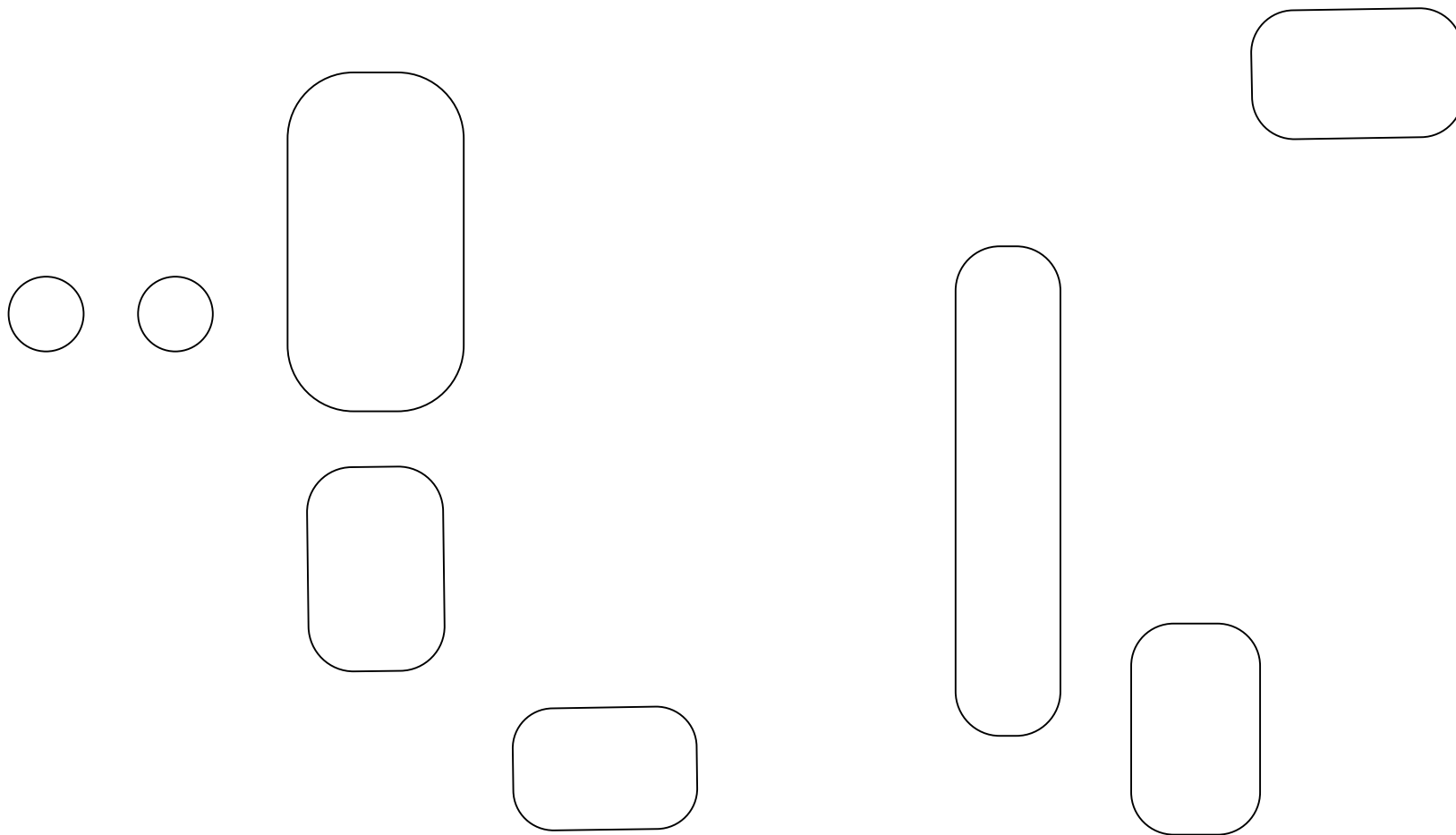
• d'une vanne : 4,2 m

- Perte de charge régulière (ou en ligne) :

• 12 cm de liquide par mètre de tuyau droit

- Théorème de Bernoulli : $z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} - J = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g}$

ANNEXE 1 – A RENDRE AVEC LA COPIE



BACCALAUREAT TECHNOLOGIQUE - SESSION 2001

SERIE SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE LABORATOIRE
SPECIALITE: CHIMIE DE LABORATOIRE ET DE PROCEDES INDUSTRIELS

Epreuve de GENIE CHIMIQUE

Partie écrite

Durée : 3 heures

Coefficient : 3

ANNEXE 2 A RENDRE AVEC LA COPIE

Diagramme binaire eau - méthanol

