

# EPREUVE EP3

## Technologie Analyse fonctionnelle

	Schéma	Régulation	Essorage	Pompe centrifuge	Bilan thermique
points attribués	35	20	10	20	15
points obtenus					

note sur 100	
note sur 20	

GROUPEMENT ACADEMIQUE EST		SESSION 2002	
EXAMEN	BEP ICTE	DUREE 3 heures	
	(option indust. chim)		
Epreuve	EP3	COEFFICIENT 4	
Echelle	Nb tirages	corrigé	FEUILLE 1 / 11

# FABRICATION DE CHLORURE DE SODIUM

Le chlorure de sodium est très répandu à l'état naturel. Mais, on peut aussi l'obtenir en faisant réagir du carbonate de sodium sur de l'acide chlorhydrique. Lors de cette épreuve, nous nous intéresserons à ce procédé de fabrication.

## DESCRIPTION DU PROCEDE

### a/ Fabrication d'une solution diluée d'acide chlorhydrique.

Dans un premier réacteur agité à double enveloppe A1, on charge 700 litres d'eau brute. Puis 65 litres d'acide chlorhydrique concentré sont coulés. Un liebig est installé sur la respiration des appareils recevant de l'acide concentré, pour recondenser les vapeurs.

- La réaction est très exothermique ; c'est pourquoi il est nécessaire de refroidir le réacteur grâce à de l'eau de refroidissement (à environ 12°C) circulant dans une double enveloppe. Le débit d'eau de refroidissement régule la température du réacteur de façon à la maintenir à 30°C. Une alarme signale toute élévation de la température.

Le débit de la solution d'acide concentré est régulé.

### b/ Fabrication de la solution de chlorure de sodium.

Cette réaction a lieu dans le réacteur A2. Ce réacteur à serpentin extérieur peut être chauffé à la vapeur 7 bars ou refroidi à l'eau de refroidissement.

- Dans un premier temps, on dissout à 70°C le carbonate de sodium dans 350 litres d'eau brute, préalablement chargée dans le réacteur. Le carbonate de sodium est stocké dans une trémie équipée d'une écluse puis amené jusqu'à A2 par un transporteur à vis. Le chauffage de A2 est régulé.
- Afin d'assurer un mélange efficace, une recirculation de la solution est prévue grâce à une pompe centrifuge.
- Puis on neutralise la solution de carbonate de sodium à 45 °C par la solution d'acide obtenue dans le réacteur A1. L'acide est transporté par une pompe centrifuge de A1 à A2. Le débit d'acide régule le pH de A2.

GROUPEMENT ACADEMIQUE EST		SESSION 2002
EXAMEN	- BEP ICTE (option indust. chim)	DUREE 3 heures
Epreuve	EP3	COEFFICIENT 4
Echelle	Nb tirages	corrige
		FEUILLE 2 / 11

### c/ Cristallisation du chlorure de sodium.

La solution contenue dans A2 est dans un premier temps refroidie à 24°C puis du méthanol est ajouté. Le débit de méthanol est régulé.

### d/ Essorage de la suspension

La suspension est envoyée vers l'essoreuse discontinue grâce à un piquage sur la recirculation. Le débit d'alimentation de l'essoreuse est enregistré et régulé. Le chlorure de sodium essoré est amené au séchage dans l'atelier voisin. Cette partie n'est pas représentée sur ce schéma.

Le filtrat s'écoule par gravité dans la chaudière de la colonne de distillation.

### e/ Distillation du mélange hydro-alcoolique

Le filtrat (mélange d'eau et de méthanol) est rectifié dans une colonne à garnissage, discontinue. On régule le débit d'eau du condenseur en fonction de la température du distillat. Le débit de reflux est maintenu constant.

La première fraction est récupérée dans le réservoir R5 et les inters dans le réservoir R6.

### Remarques générales :

- L'atelier est alimenté en vapeur 7 bars, en eau de refroidissement, en eau brute ainsi qu'en air instrumentation.
- Les gaz sortant des respirations des réacteurs et du réservoir d'HCl sont récupérés et envoyés vers un four (non représenté).

Toutes les indications sont affichées en salle de contrôle.

### SCHEMA A REALISER :

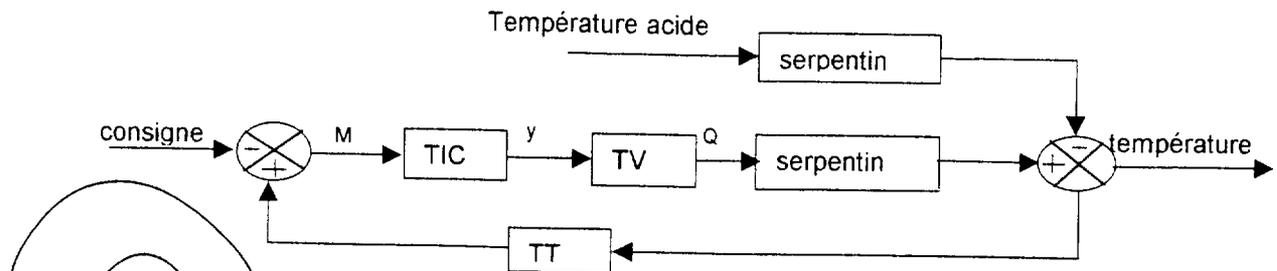
Compléter le schéma page 11 : tous les appareils de contrôle, de sécurité et de régulation nécessaires au bon fonctionnement de l'installation figureront sur le schéma.

GROUPEMENT ACADEMIQUE EST			SESSION 2002
EXAMEN	BEP ICTE (option indust. chim)		DUREE 3 heures
Epreuve	EP3		COEFFICIENT 4
Echelle	Nb tirages	corrigé	FEUILLE 3 / 11

## QUESTIONNAIRE:

**1/ Régulation du réacteur :** Le chauffage du réacteur A2 est régulé.

a- Etablir le schéma fonctionnel de cette boucle de régulation. (5 points)



(voir variante en fin de document)

b- Indiquer la grandeur réglée et la grandeur réglante. (2 points)

grandeur réglée : température du réacteur

grandeur réglante : débit de vapeur

c- La vanne est en FMA. Expliquer cette expression. (2 points)

FMA : fermé par manque d'air, désigne une vanne qui se ferme par manque d'air au servomoteur

d- Quel doit être le sens d'action du régulateur ? Justifier votre réponse. (3 points)

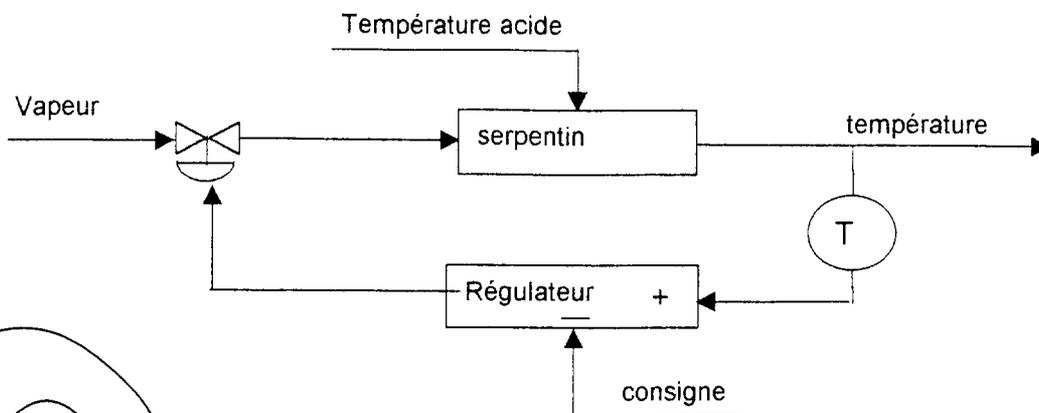
Il faut un régulateur inverse. Si la température augmente, la sortie du régulateur diminuera. De ce fait, la vanne se fermera ce qui provoquera une diminution de débit

e- Le capteur utilisé est une sonde Pt100. Expliquer son principe de fonctionnement. (1 point)

La résistance électrique d'un métal (platine) augmente avec la température.

GROUPEMENT ACADEMIQUE EST			SESSION 2002
EXAMEN                      BEP ICTE (option indust. chim)			DUREE 3 heures
Epreuve	EP3		COEFFICIENT 4
Echelle	Nb tirages	corrigé	FEUILLE 4 / 11

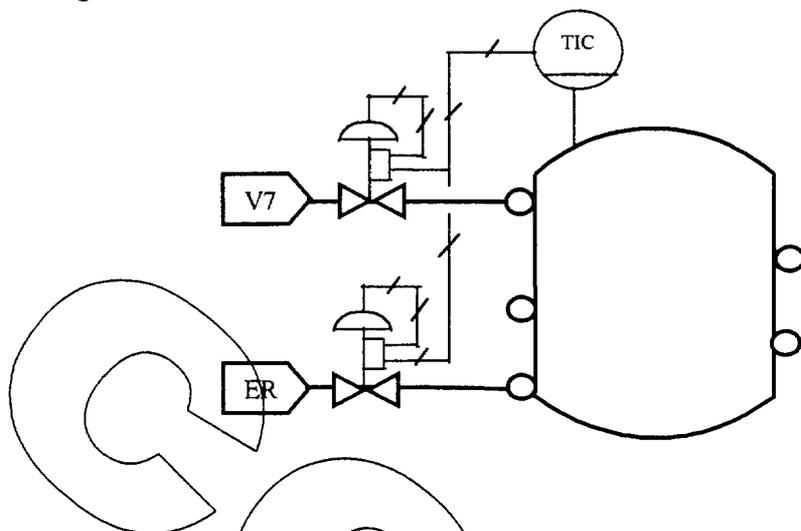
Question 1a variante



COPIE

GROUPEMENT ACADEMIQUE EST			SESSION 2002
EXAMEN	BEP ICTE (option indust. chim)		DUREE 3 heures
Epreuve	EP3		COEFFICIENT 4
Echelle	Nb tirages	corrigé	FEUILLE 4bis / 11

f- Pour améliorer le refroidissement de A2, on modifie la régulation pour qu'elle agisse pendant cette phase en ajoutant une vanne régulatrice sur l'eau. Représenter uniquement la régulation ainsi modifiée sur le réacteur ci-dessous : (4 points)



g- Ce type de régulation porte un nom particulier. Quel est-il ? (1 point)

C'est une régulation en partage d'étendue (split-range).

h- Quel accessoire faut-il prévoir sur chacune des vannes pour réaliser cette régulation ? (1 point)

Il faut prévoir un positionneur sur chaque vanne.

i- Quel doit être le sens d'action de la vanne sur le circuit d'eau ? Justifier votre réponse. (2 points)

La vanne d'eau doit être OMA, ouverte par manque d'air. Si la température augmente pendant le refroidissement, il faut envoyer de l'eau donc ouvrir la vanne.

GROUPEMENT ACADEMIQUE EST			SESSION 2002
EXAMEN	BEP ICTE (option indust. chim)		DUREE 3 heures
Epreuve	EP3		COEFFICIENT 4
Echelle	Nb tirages	corrigé	FEUILLE 5 / 11

## 2/ L'essorage :

### a- Cycle d'essorage (4 points)

L'essoreuse utilisée est uneessoreuse discontinue. Décrivez un cycle de cetteessoreuse

Démarrage

Chargement (à vitesse réduite)

Essorage (à pleine vitesse)

Eventuellement lavage + essorage

Déchargement (à vitesse réduite)

Arrêt et nettoyage de l'essoreuse

### b- Bilan massique aux bornes de l'essoreuse

L'essoreuse permet de traiter une charge de 250 kg ce qui permettra d'obtenir, après le séchage 109 kg de chlorure de sodium sec. Le gâteau sort de l'essoreuse avec une humidité résiduelle de 4%.

Quelle est la masse de filtrat récupérée à l'essorage ?

A quel volume de filtrat cela correspond-il sachant que la masse volumique du filtrat vaut  $920 \text{ kg/m}^3$  ?

Masse de gâteau (3 points)

Dans le gâteau, il a 4% d'eau donc 96% de solide sec

$$96 = 100 \times \frac{109}{M_{\text{gâteau}}} \Rightarrow M_{\text{gâteau}} = 100 \times \frac{109}{96}$$

$$\underline{M_{\text{gâteau}} = 113,5 \text{ kg}}$$

Masse de filtrat (2 points)

Charge = gâteau + filtrat

$$M_{\text{filtrat}} = 250 - 113,5$$

$$\underline{M_{\text{filtrat}} = 136,5 \text{ kg}}$$

Volume (1 point)

$$V = \frac{M}{\rho} \Rightarrow V = \frac{136,5}{920} \Rightarrow \underline{V = 0,148 \text{ m}^3}$$

GROUPEMENT ACADEMIQUE EST			SESSION 2002
EXAMEN	BEP ICTE (option indust. chim)		DUREE 3 heures
Epreuve	EP3		COEFFICIENT 4
Echelle	Nb tirages	corrigé	FEUILLE 6 / 11

### 3/ Les pompes centrifuges

a- Donner la suite des opérations à effectuer pour démarrer une pompe centrifuge.  
(6 points)

Vérifier que la pompe est bien amorcée.

Vérifier que le robinet de refoulement est fermé

Ouvrir le robinet d'aspiration

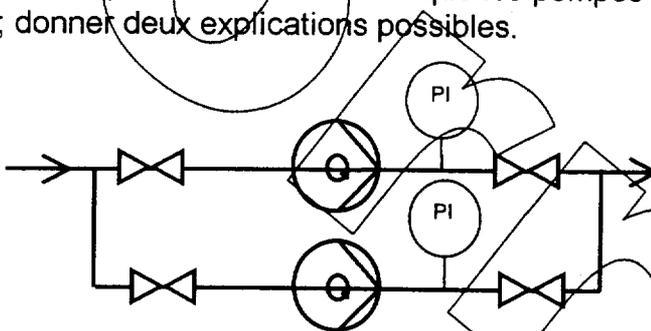
Mettre la pompe en marche

Vérifier la pression au refoulement

Ouvrir le robinet de refoulement et régler le débit

b- Montage en parallèle (2 points)

Dans l'industrie, il arrive très souvent que les pompes soient montées selon le schéma suivant ; donner deux explications possibles.



> Pompe de secours : une pompe est en fonctionnement, l'autre prête à démarrer en cas de problème sur la pompe en fonctionnement.

> Augmentation du débit

GROUPEMENT ACADEMIQUE EST			SESSION 2002
EXAMEN	At	BEP ICTE (option indust. chim)	DUREE 3 heures
Epreuve	EP3		COEFFICIENT 4
Echelle	Nb tirages	corrigé	FEUILLE 7 / 11

### c- Cavitation d'une pompe.

Dans l'industrie chimique, il arrive qu'une pompe cavite. Expliquer ce phénomène et décrire les conséquences : (4 points)

La cavitation est due à la vaporisation partielle du liquide sous l'effet d'une diminution de pression à l'aspiration de la pompe. Les bulles de vapeur arrivent dans le corps de pompe où elles implosent à cause de l'augmentation brutale de la pression. Ces implosions provoquent des chocs qui détériorent rapidement la roue et le corps de la pompe.

Pour chacun des phénomènes suivants, vous préciserez, en le justifiant s'il a tendance à augmenter ou au contraire à réduire la cavitation de la pompe.

- bouchage partiel de la tuyauterie en amont de la pompe(2 points)

La perte de charge de la tuyauterie d'aspiration augmente. Cela diminue la pression à l'aspiration et augmente la cavitation.

- refroidissement du liquide transporté(2 points)

Cela diminue la tension de vapeur du liquide donc diminue sa vaporisation donc diminution de la cavitation.

- ajout d'une crépine sur le circuit d'aspiration de la pompe(2 points)

On augmente la perte de charge du circuit d'aspiration donc augmentation de la cavitation

- augmentation de la vitesse de rotation de la roue(2 points)

Cela augmente la dépression à l'aspiration donc provoque une augmentation de la cavitation.

GROUPEMENT ACADEMIQUE EST			SESSION 2002
EXAMEN BEP ICTE (option indust. chim)			DUREE 3 heures
Epreuve	EP3		COEFFICIENT 4
Echelle	Nb tirages	corrigé	FEUILLE 8 / 11

#### 4/ Bilan thermique de la colonne

On se propose de calculer les pertes et le rendement thermique d'une colonne à l'aide des relèves suivantes pratiquées sur l'installation.

Condenseur :

- Débit d'eau = 175 kg/h
- Température d'entrée d'eau = 15°C
- Température de sortie d'eau = 30°C

Vapeur d'eau condensée recueillie au purgeur :

- Masse d'eau en 5 mn = 500g
- Pression de la vapeur sur l'épingle de chauffage = 1,5 bar

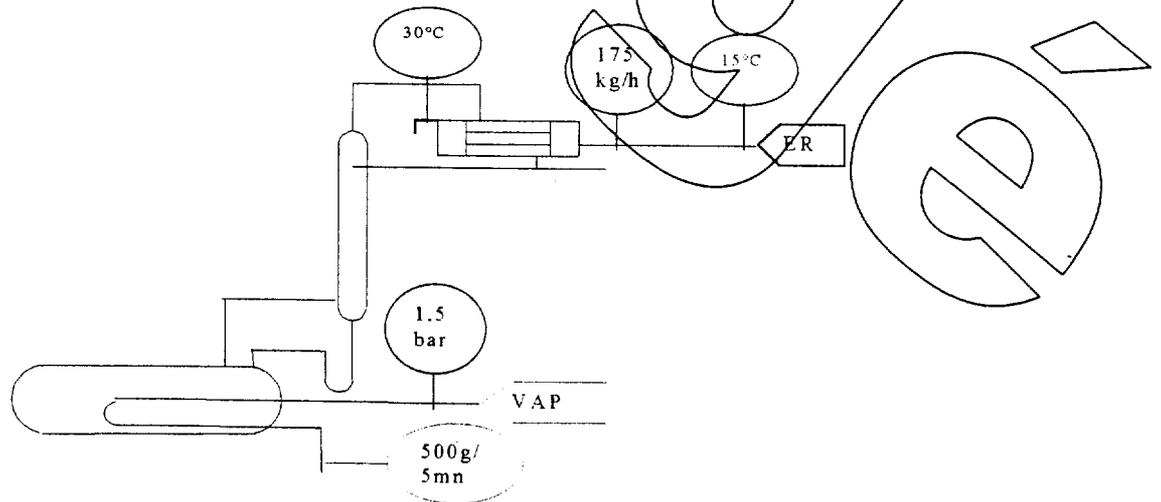
Eau

Capacité thermique = 4,18 kJ/(kg.°C)

Données concernant la vapeur d'eau

pression lue sur le manomètre (bar)	température (°C)	Chaleur latente de vaporisation (kJ/kg)	pression lue sur le manomètre (bar)	température (°C)	Chaleur latente de vaporisation (kJ/kg)	pression lue sur le manomètre (bar)	température (°C)	Chaleur latente de vaporisation (kJ/kg)
0	99.09	2245.2	1.0	119.6	2184.5	2.0	132.8	2145.0
0.1	101.76	2237.4	1.1	121.1	2179.9	2.1	131.9	2141.6
0.2	104	2230.0	1.2	122.6	2175.5	2.2	135	2138.4
0.3	106.7	2223.2	1.3	124	2171.2	2.3	136.1	2135.2
0.4	108.7	2216.8	1.4	125.4	2167.1	2.4	137.1	2132.1
0.5	110.8	2209.0	1.5	126.7	2163.1	2.5	138.1	2129.1
0.6	112.7	2204.9	1.6	128	2159.3	2.6	139.1	2125.8
0.7	114.5	2199.4	1.7	129.3	2156.0	2.7	140.1	2123.2
0.8	116.3	2193.4	1.8	130.5	2151.9	2.8	141	2120.4
0.9	118	2189.2	1.9	131.7	2148.4	2.9	141.9	2117.6

a- Porter les relèves précédentes sur le schéma suivant de l'installation (2 points)



GROUPEMENT ACADEMIQUE EST			SESSION 2002	
EXAMEN BEP ICTE (option indust. chim)			DUREE 3 heures	
Epreuve EP3			COEFFICIENT 4	
Echelle Nb tirages corrigé			FEUILLE 9 / 11	

- b- Calculer la quantité de chaleur gagnée par l'eau condensée.  
 Calculer la quantité de chaleur perdue par la vapeur qui se condense en 1 heure.  
 Déterminer les pertes thermiques.  
 Calculer le rendement thermique.

Quantité de chaleur gagnée par l'eau. (3 points)

$$Q_{eau} = m \times c \times \Delta\theta$$

$$Q_{eau} = 175 \times 4,18 \times (30 - 15)$$

$$\underline{Q_{eau} = 10972,5 \text{ kJ} / \text{h}}$$

Masse d'eau condensée en 1 heure. (2 points)

$$M_{eau} = 0,5 \times 12$$

$$\underline{M_{eau} = 6 \text{ kg} / \text{h}}$$

Quantité de chaleur perdue par la vapeur. (3 points)

$$Q_{vap} = m \times L_v$$

$$p = 1,5 \text{ bar} \Rightarrow L_v = 2163,1 \text{ kJ} / \text{kg}$$

$$Q_{vap} = 6 \times 2163,1$$

$$\underline{Q_{vap} = 12978,6 \text{ kJ} / \text{h}}$$

Pertes thermiques Pt. (2 points)

$$Pt = Q_{vap} - Q_{eau}$$

$$Pt = 12978,6 - 10097,5$$

$$\underline{Pt = 2006,1 \text{ kJ} / \text{h}}$$

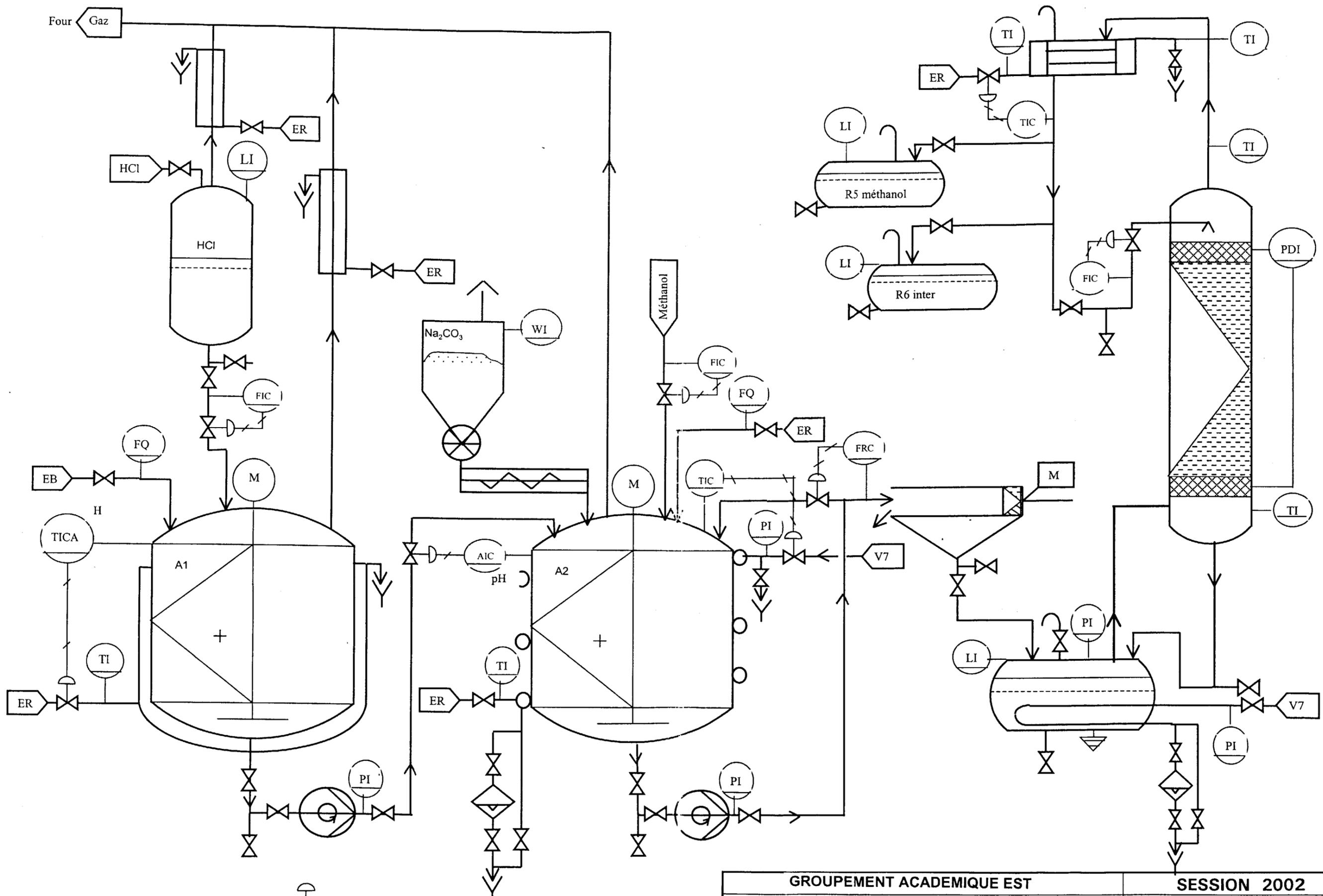
Rendement thermique R. (2 points)

$$R = \frac{Q_{eau}}{Q_{vap}}$$

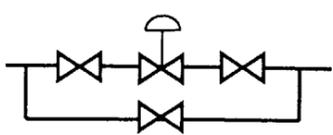
$$R = \frac{10972,5}{12978,6}$$

$$\underline{R = 84,5\%}$$

GROUPEMENT ACADEMIQUE EST			SESSION 2002
EXAMEN BEP ICTE (option indust. chim)			DUREE 3 heures
Epreuve	EP3		COEFFICIENT 4
Echelle	Nb tirages	corrigé	FEUILLE 10 / 11



Remarque : les vannes de régulation sont montées en by-pass



GROUPEMENT ACADEMIQUE EST		SESSION 2002
EXAMEN	BEP ICTE (option indust. chim)	DUREE 3 heures
Epreuve	EP3	COEFFICIENT 4
Echelle	Nb tirages	corrige
		FEUILLE 11 / 11