

CORRIGE

Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.

BACCALAUREAT PROFESSIONNEL

INDUSTRIE DES PROCÉDES

**ÉPREUVE : E1 – A1 : ÉTUDE
D'UN PROCÉDE INDUSTRIEL**

DURÉE ÉPREUVE : 3 heures

COEFFICIENT : 3

DOSSIER CORRIGÉ

DOSSIER TRAVAIL

BAREME

I - ETUDE QUALITATIVE DU PROCEDE (20 points)

I-1 schéma de principe: 10 points

I-2 questions sur le procédé: 10 points

II - MAITRISE DU PROCEDE (19 points)

II-1 conduite de la filtration: 5 points

II-2 régulation: 6 points

II-3 sécurité: 8 points

III - ETUDE QUANTITATIVE DU PROCEDE (21 points)

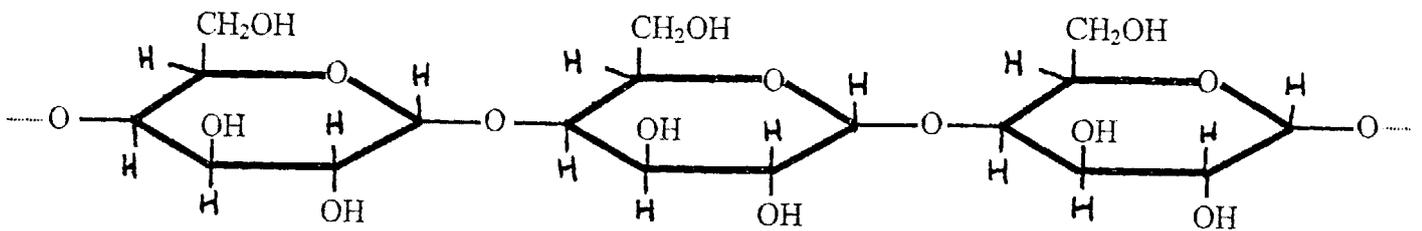
III - 1 bilan de l'estérification: 8 points

III - 2 bilan de l'extraction: 5 points

III - 3 bilan thermique de l'acétylation: 8 points

I-2 QUESTIONS SUR LE PROCÉDE (10 points)

III-2-1 Compléter la molécule de cellulose $(C_6H_{10}O_5)_n$, en plaçant les « H » manquants (1 point)



III-2-2 Citer le réactif principal et le réactif en excès (1 point)

* Réactif principal : Cellulose
 * Réactif en excès : Anhydride Acétique

III-2-3 Composition qualitative des lignes 1 à 12 : (4 points)

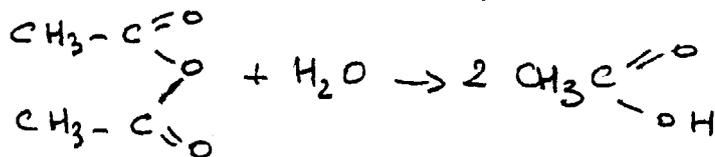
Indiquer par des croix dans les colonnes vides du tableau, les différents constituants de chaque ligne repérée dans le schéma de procédé annexe 1.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Eau ou vapeur	X		X	X	X	X	X	X				X
H ₂ SO ₄ ou sulfate	X		X	X	X							X
Anhydride acétique		X										
Acide acétique	X	X	X	X	X	X		X	X		X	X
Acétate de cellulose			X	X		X	X					
benzène									X	X		X

III-2-4 D'après les points de fusion des réactifs d'acétylation (anhydride acétique et acide acétique), déterminer si le mélange est homogène ou hétérogène dans le mélangeur à 15°C ? Justifier la réponse. (1 point)

- Réactif hétérogène car l'acide acétique glacial est solide en dessous de 16,6 °C.

III-2-5 L'excès d'anhydride acétique est détruit par l'eau. Ecrire et équilibrer la réaction. (1 point)



III-2-6 Pourquoi l'acétate de cellulose commence-t-il à précipiter dans le troisième réacteur ? (1 point)

la condensation de la vapeur d'eau dans le milieu réactionnel entraîne une dilution de l'acide acétique glacial ce qui diminue son pouvoir de solvant de l'acétate de cellulose.

III-2-7 Quelles sont les températures tête et pied de la colonne de distillation ? (1 point)

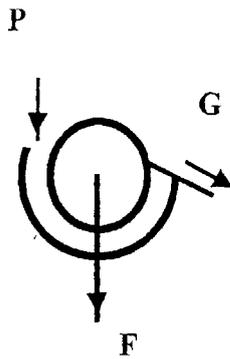
Pied : Acide Acétique 118,1 °C

Tête : Benzène : 80,1 °C

II-MAITRISE DU PROCEDE

II-1 CONDUITE DE LA FILTRATION (5 points)

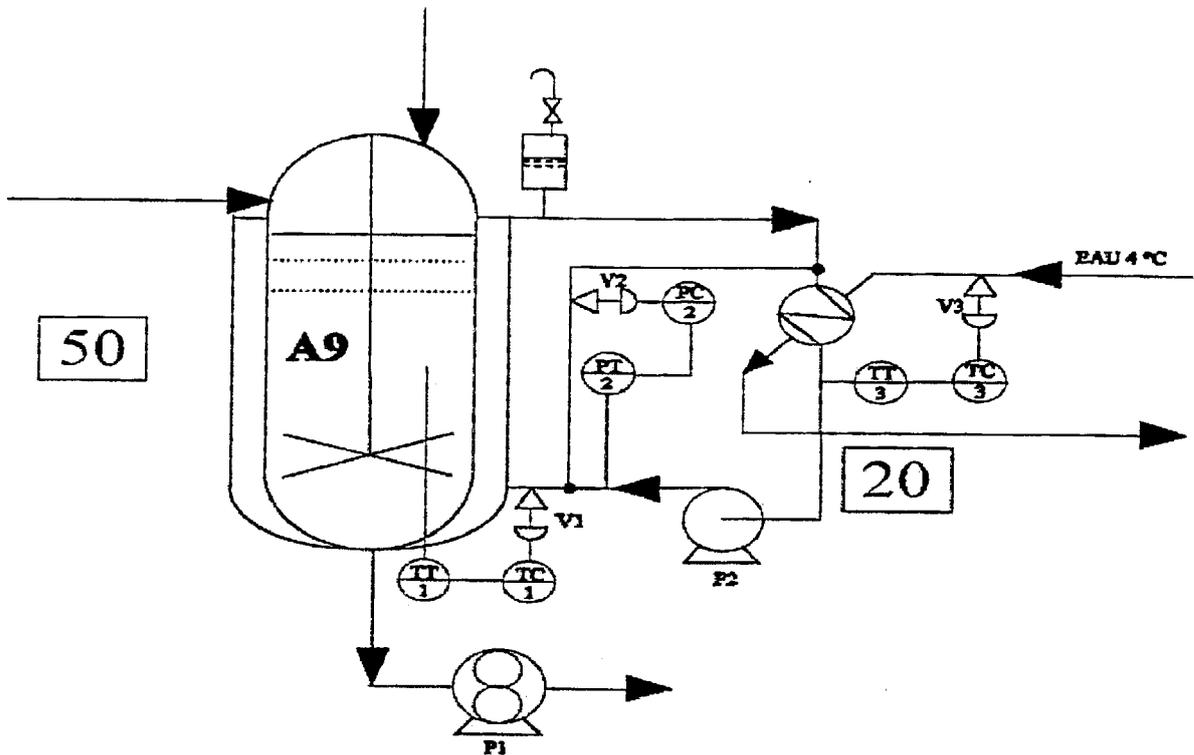
Etudier l'influence des paramètres sur le filtre rotatif à tambour en complétant par ↗, ↘ ou = en se référant à la ligne 0, état normal du procédé.



	Débit P kg/h	% en liquide dans P	P abs mmHg	Débit F kg/h	Débit G kg/h	% en liquide dans G
0	2500	84	200	2000	500	20
1	2500	84	300	↘	↗	↗
2	2600	84	200	↗	↗	=
3	2600	86	200	↗	500	=
4	2300	83	200	↘	500	20
5	2500	↘	200	↘	510	=

II-2 REGULATION (6 Points)

Le schéma représente le système de refroidissement du réacteur A9.
Toutes les boucles de régulation sont en mode automatique



Entourer la bonne réponse

- a) Lors d'une augmentation de consigne sur TC1, la vanne V1 se fermera pour diminuer le refroidissement, et la pression au refoulement de P2 aura tendance à augmenter ; or la pression est régulée par PC2. Comment variera le débit de recirculation passant dans V2, lors d'une augmentation de consigne sur TC1 ?

b)

↗ ↘ = (1 point)

- c) Sur le cas étudié en a), comment variera le signal de sortie de PC2 si la vanne V2 est FMA ?

↗ ↘ = (1 point)

- d) En déduire le sens du régulateur PC2

direct inverse (1 point)

- e) Dans le cas d'un dépassement de consigne de la température dans A9 :

- Comment réagit V1 Ouverture Fermeture Pas d'action (1 point)
- Comment réagit V3 Ouverture Fermeture Pas d'action (1 point)
- V3 est OMA, comment varie le signal de sortie de TC3

↗ ↘ = (1 point)

II-3 SECURITE (8 points)

II-31 On rince la pompe P1 sortie A9, quel type de produits utilise-t-on à 20°C parmi : (2 points)

L'eau L'acide acétique à 30% L'acide acétique glacial L'anhydride acétique

Justifier la réponse :

L'acide acétique glacial est le solvant de l'acétate de cellulose

II-32 Pourquoi l'eau n'est-elle pas conseillée comme agent d'extinction de l'anhydride acétique ? (1 point)

Reaction violente et exothermique, projection d'acide acétique

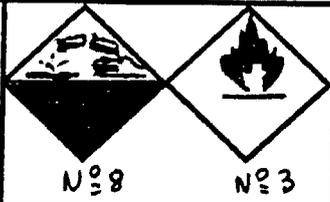
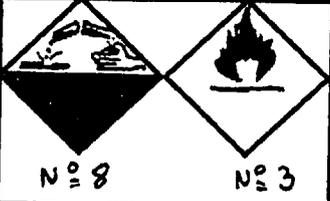
II-33 Les eaux résiduaires sortie raffinat d'extraction peuvent contenir des traces de benzène. Sachant que la masse d'eau est de 700 kg, déterminer la masse de benzène pouvant être solubilisé à 25°C (voir fiche toxicologique). (1 point)

Solubilité 1,8 g/l soit $1,8 \times 700 = 1260$ g de C_6H_6 soluble à 25°C

II-34 Une mesure donne 22 ppm de présence de benzène dans l'air, l'odeur est-elle perceptible à ce stade. Justifier la réponse. (1 point)

L'odeur est perceptible car la limite est de 12 ppm.

II-35 Le transport routier nécessite la pose de panneau couleur orange et plaques étiquette correspondant aux produits véhiculés. Rechercher pour l'acide acétique, l'anhydride acétique et le benzène, les nombres inscrits sur les panneaux et schématiser les étiquettes placées sur les camions citerne. A quoi correspondent les codes danger et la classe des produits ? (3 points)

	panneau	étiquettes	Code danger	définition	Classe	définition
Acide acétique glacial	83 2789	 N° 8 N° 3	83	matière corrosive et inflammable	8	Corrosivité
Anhydride acétique	83 1715	 N° 8 N° 3	83	matière corrosive et inflammable	8	Corrosivité
Benzène	33 1114	 N° 3	33	matière liquide inflammable	3	inflammabilité

III - ETUDE QUANTITATIVE DU PROCÉDE

III-I BILAN ESTERIFICATION (8 points)



- La pâte à papier contient 96% de cellulose pure
- Masse de pâte : 300 kg
- Masse d'eau ajoutée au moment du broyage : 6% de la pâte à papier
- Acide Sulfurique pur introduit : 7% de la masse de cellulose pure
- Acide sulfurique technique : 98% en H_2SO_4
- Acide acétique glacial (99,5% en masse) : 670 kg dans le réacteur de pré-traitement
- Excès d'anhydride : 10% par rapport à la masse théorique.

a) Calculer la masse d'acide sulfurique à 98% et la masse d'eau nécessaires. (2 points)

$$* H_2SO_4 \text{ pur} : 300 \times 0,96 \times 0,07 = 20,16 \text{ kg soit } \frac{20,16 \times 100}{98} = 20,6 \text{ kg } H_2SO_4 \text{ Technique}$$

$$* \text{ Masse d'eau} : 300 \times 0,06 = 18 \text{ kg}$$

b) Déterminer la masse d'anhydride acétique théorique et en excès. (2 points)

$$* \text{ Anhydride pur} : \frac{306 \times 288}{162} = 544 \text{ kg}$$

$$* \text{ Anhydride en excès} : 544 + 54,4 = 598,4 \text{ kg}$$

c) Calculer la masse d'acide acétique fabriqué par l'estérification et la destruction de l'excès d'anhydride. (2 points)

$$* CH_3COOH \text{ formé par la réaction} : \frac{180 \times 288}{162} = 320 \text{ kg}$$

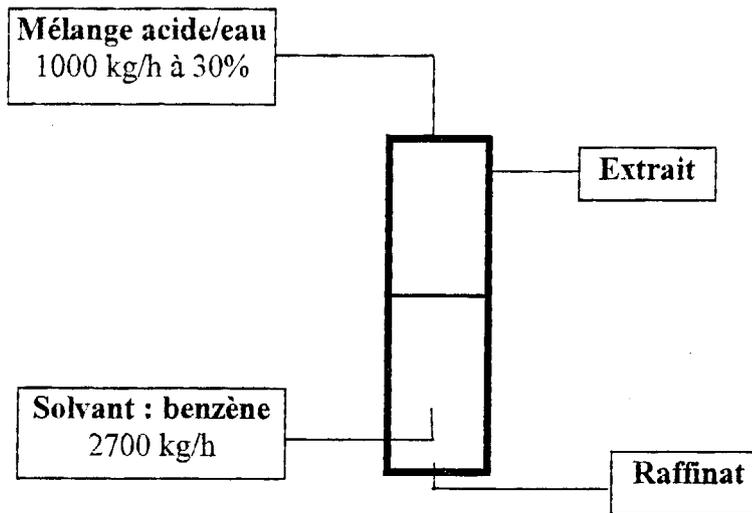
$$* CH_3COOH \text{ formé par la destruction de l'anhydride} : \frac{120 \times 54,4}{102} = 64 \text{ kg}$$

d) Calculer la masse d'acide acétique glacial nécessaire pour avoir une composition finale de 20% en acétate de cellulose et 80% en acide glacial. (2 points)

$$* \text{ Masse d'acétate formé} : \frac{288 \times 288}{162} = 512 \text{ kg}$$

$$* \text{ Masse Totale de solvant} : \frac{512 \times 80}{20} = 2048 \text{ kg}$$

III-2 BILAN EXTRACTION (5 points)



a) Sachant que le raffinat ne comporte que 1 kg/h d'acide acétique et la totalité de l'eau, déterminer le débit massique des eaux résiduelles; (1 point)

- débit d'acide dans le mélange à traiter : $1000 \times 0,3 = 300 \text{ kg/h}$ soit 700 kg/h d'eau
- débit du raffinat (eaux résiduelles) : $700 + 1 = 701 \text{ kg/h}$.

b) Calculer le rendement d'extraction ($\frac{\text{débit acide extrait} \times 100}{\text{débit acide à traiter}}$) (1 point)

- débit d'acide dans l'extrait $300 - 1 = 299 \text{ kg/h}$.
- Rendement $\frac{299}{300} \times 100 = 99,67 \%$

c) Déterminer le débit de l'extrait (tout le solvant est contenu dans l'extrait) (1 point)

- débit de l'extrait : $2700 + 299 = 2999 \text{ kg/h}$

d) Quel est le titre de l'extrait en acide acétique ? (1 point)

$$- \frac{299}{2999} \times 100 = 9,97 \%$$

e) Quel est le titre du raffinat en acide acétique ? (1 point)

$$- \frac{1}{701} \times 100 = 0,14 \%$$

III-3 BILAN THERMIQUE ACETYLATION (8 points)

On charge 1008 kg de mélange pré-traité à la température de 40°C dans le réacteur d'acétylation. Ce mélange contient 288 kg de cellulose pure dont 60% sont transformés en acétate pendant les 2 heures que dure la coulée des 1500 kg du mélange d'anhydride et d'acide acétique. Ce mélange est à la température de 15°C à son entrée et contient 200 kg d'acide acétique glacial solide.

Les réactions d'acétylation et la destruction des 60 kg d'anhydride acétique en excès sont exothermiques et produisent 1,03 kJ par gramme de cellulose transformée et 3,3 kJ par gramme d'eau. Le rendement est de 100%. dans le domaine des températures considérées et 10,6 kg d'eau sont nécessaires.

- a) Calculer la quantité de chaleur fournie par la transformation des 60% de la cellulose (1 point)

$$Q_1 = \frac{288 \times 60}{100} \times 1,03 \times 10^3 = 177984 \text{ kJ}$$

- b) Calculer la quantité de chaleur fournie par la destruction de l'anhydride en excès par l'eau (1 point)

$$Q_2 = 10,6 \times 3,3 \times 10^3 = 34980 \text{ kJ}$$

- c) En déduire l'énergie totale fournie (1 point)

$$Q_1 + Q_2 = 177984 + 34980 = 212964 \text{ kJ}$$

- d) Calculer la quantité de chaleur absorbée par la fusion de l'acide acétique. (1 point)

$$Q_F = 200 \times 192 = 38400 \text{ kJ}$$

- e) Etablir le bilan thermique sur le réacteur, en appelant T la température finale du mélange.
Donner la valeur de T. (3 points)

$$\text{Chauffage mélange prétraité} + \text{Chauffage mélange acétique} = 212964 - 38400 \\ = 174564 \text{ kJ}$$

$$1008 \times 2(T - 40) + 1500 \times 2(T - 15) = 174564$$

$$\Rightarrow T = 59,8 \text{ }^\circ\text{C}$$

- f) Sur quelle grandeur de réglage peut-on agir pour rendre T conforme au procédé ? (1 point)

Débit d'eau de refroidissement ou débit d'acide acétique glacial.
(1 réponse attendue)

DONNEES NUMERIQUEES :

Capacité thermique massique des mélanges = 2 kJ/kg.K

Capacité thermique massique de l'eau = 4,18 kJ/kg.K

Chaleur latente de fusion de l'acide acétique glacial = 192 kJ/kg.