



SERVICES CULTURE ÉDITIONS  
RESSOURCES POUR  
L'ÉDUCATION NATIONALE

**Ce document a été numérisé par le CRDP de Montpellier pour la  
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel**

Ce fichier numérique ne peut être reproduit, représenté, adapté ou traduit sans autorisation.

Session 2009	Page 1/15
Baccalauréat Professionnel : INDUSTRIES DE PROCEDES	Durée : 4 heures
Epreuve : E2 – Etude et conduites des opérations unitaires	Coef. : 3
N° CANDIDAT :	0906 - IP T

**BACCALAUREAT PROFESSIONNEL**  
**INDUSTRIES DE PROCEDES**

**EPREUVE E2:**  
**ETUDE ET CONDUITE DES OPERATIONS UNITAIRES**

**DUREE 4H**

**COEFFICIENT 3**

**RECUPERATION D'ACIDE ACETIQUE**

Ce sujet comporte 15 pages numérotées de 1/15 à 15/15

- Dossier ressources : pages 3/15 à 5/15
- Dossier travail : pages 6/15 à 15/15

Toutes les pages du sujet sont à rendre par le candidat.

*Assurez-vous que cet exemplaire du sujet est complet*

**S'il est incomplet, demandez un autre exemplaire au responsable de salle**

Session 2009	Page 2/15
Baccalauréat Professionnel : INDUSTRIES DE PROCEDES	Durée : 4 heures
Epreuve : E2 – Etude et conduites des opérations unitaires	Coef. : 3
N° CANDIDAT :	09 06 - IP T

## SOMMAIRE ET BAREME

<b>DOSSIER RESSOURCE</b>	<b>3/15</b>
<hr/>	
<u>I - DESCRIPTION DU PROCEDE</u>	4/15
<b>DOSSIER TRAVAIL</b>	<b>6/15</b>
<hr/>	
<u>II – ETUDE DU PROCEDE</u> (10/60)	7/15
Les questions II-1 à II- 5 sont indépendantes.	
<u>III – ETUDE ET DIMENSIONNEMENT DE LA COLONNE C5</u> (20/60)	7/15
<u>III –1 : Etude de l'alimentation</u> Questions indépendantes de III-2	
<u>III –2 : Dimensionnement de la colonne</u> Les questions III-2-6 et III-2-7 sont indépendantes.	
<u>IV – ETUDE DE LA REGULATION DE LA COLONNE C5</u> (10/60)	8/15
<u>IV-1 : Représentation des régulations</u> Les questions IV-1-1 à IV-1-3 sont indépendantes.	
<u>IV-2 : Détermination des sens d'action des régulateurs</u>	
<u>V – ETUDE DU BILAN THERMIQUE DE LA COLONNE C5</u> (20/60)	8/15
<u>V-1 : Etude du réfrigérant de distillat E1</u>	
<u>V-2 : Etude du bilan enthalpique de la colonne C5</u> Les questions V-2-1 à V-2-4 sont indépendantes.	
<b>ANNEXE N°1 : SCHEMA DE PROCEDE</b>	<b>10/15</b>
<b>ANNEXE N°2 : DIMENSIONNEMENT DE LA COLONNE</b>	<b>11/15</b>
<b>ANNEXE N°3 : BILAN MATIERE, ANNEXE N°4 : TABLEAU DE CONDUITE</b>	<b>12/15</b>
<b>ANNEXE N°5 : REPRESENTATION DES REGULATIONS</b>	<b>13/15</b>
<b>ANNEXE N°6 : REGULATION</b>	<b>14/15</b>
<b>ANNEXE N°7 : BILAN THERMIQUE</b>	<b>15/15</b>

<b>Session 2009</b>	<b>Page 3/15</b>
<b>Baccalauréat Professionnel : INDUSTRIES DE PROCEDES</b>	<b>Durée : 4 heures</b>
<b>Epreuve : E2 – Etude et conduites des opérations unitaires</b>	<b>Coef. : 3</b>
<b>N° CANDIDAT :</b>	<b>0906 -IP T</b>

**BACCALAUREAT PROFESSIONNEL**  
**INDUSTRIES DE PROCEDES**

**EPREUVE E2:**  
**ETUDE ET CONDUITE DES OPERATIONS UNITAIRES**

**DUREE 4H**

**COEFFICIENT 3**

**RECUPERATION D'ACIDE ACETIQUE**

**DOSSIER RESSOURCES**

<b>Session 2009</b>	<b>Page 4/15</b>
<b>Baccalauréat Professionnel : INDUSTRIES DE PROCEDES</b>	<b>Durée : 4 heures</b>
<b>Epreuve : E2 – Etude et conduites des opérations unitaires</b>	<b>Coef. : 3</b>
<b>N° CANDIDAT :</b>	<b>0906 - I P T</b>

**LE SCHEMA DE PROCEDE EST PRESENTE ANNEXE 1 PAGE 10/15**

**Les % sont en massique, les régulations ne sont pas représentées**

## **I - DESCRIPTION DU PROCEDE**

Pour la fabrication d'acétate de cellulose, on utilise comme l'une des matières premières, l'acide acétique. On récupère un excès sous forme de solution aqueuse à 25% d'acide. L'eau et l'acide acétique ayant des volatilités très proches, pour pouvoir recycler l'acide, à 100%, de pureté, on concentre la solution diluée par extraction à l'éther, puis à l'aide de deux distillations.

<i>Acide acétique <math>CH_3CO_2H</math></i>	<i>T°ébullition = 118°C (1atm)</i>
<i>Eau <math>H_2O</math></i>	<i>T°ébullition = 100°C (1atm)</i>

### **COLONNE D'EXTRACTION C1**

C'est une colonne à plateaux perforés. L'interface est maintenue dans la partie supérieure de la colonne par le soutirage de la phase lourde, à l'aide d'un système de garde hydraulique réglable.

#### **Alimentation:**

La solution aqueuse d'acide acétique à 25% (masse volumique 1033 kg/m<sup>3</sup>) est alimentée à partir de R1 par pompe centrifuge. Le débit est régulé. L'éther (2% en eau, masse volumique 719 kg/m<sup>3</sup>) est alimenté à partir de R2, par pompe. Le débit d'éther est régulé par le débit de la solution d'acide à 25%. Une partie du distillat de la colonne C5 (solution acide à 30%) alimente aussi C1.

#### **Soutirage**

La phase légère organique (acide 14%, eau 6.5%, éther 79.5%) alimente la colonne de distillation C3. La phase aqueuse lourde (eau 93%, éther 7%) alimente la colonne de distillation C2.

### **COLONNE DE DISTILLATION C2:**

Elle est destinée à récupérer l'éther de la phase aqueuse de l'extraction. L'alimentation (venant de C1) est préchauffée par le soutirage de C2, puis arrive (par gravité) vers le haut de la colonne. Les culots sont recyclés. Le distillat (éther + 2% d'eau), après condensation, est stocké dans R2. La colonne est chauffée par injection directe de vapeur en pied de colonne. Cette colonne fonctionne sans reflux. Le débit vapeur est régulé.

<b>Session 2009</b>	<b>Page 5/15</b>
<b>Baccalauréat Professionnel : INDUSTRIES DE PROCEDES</b>	<b>Durée : 4 heures</b>
<b>Epreuve : E2 – Etude et conduites des opérations unitaires</b>	<b>Coef. : 3</b>
<b>N° CANDIDAT :</b>	<b>0906 - IP T</b>

### COLONNE DE DISTILLATION C3

Elle reçoit la phase organique de C1. Son rôle est de concentrer le distillat en éther. La phase légère de C1 alimente la colonne C3, à la base de celle-ci. Le bouilleur externe est chauffé par les vapeurs provenant de la tête de colonne C5. Cet échangeur permet à la fois l'ébullition du liquide de C3, et la condensation des vapeurs de C5. Le distillat de C3, après condensation, est stocké dans R2. (Une partie revenant en reflux est non représentée).

Les culots de C3 alimentent la colonne de distillation C4. La température tête de colonne régule le reflux.

### COLONNE DE DISTILLATION C4

Son rôle est d'épuiser l'éther contenu dans l'acide. Elle reçoit les culots de C3, et l'alimentation se fait en tête de colonne. Le débit d'alimentation est régulé par le niveau bas de colonne C3. Les vapeurs sortant en tête de C4 retournent directement à la base de C3. La colonne C4 est chauffée par un bouilleur externe à l'aide de vapeur de chauffe 6 bars. Le débit de vapeur est régulé.

### COLONNE DE DISTILLATION C5

Cette colonne a pour rôle de rectifier la solution concentrée de C4 contenant 75% d'acide et 25% d'eau. On obtient l'acide quasiment pur à 99.5 % en pied de colonne et un mélange à 30% d'acide en distillat.

L'alimentation, à partir des culots de C4, est faite vers le milieu de la colonne. Le débit est régulé par le niveau de C4. Le chauffage est assuré par un bouilleur externe à la vapeur d'eau 6 bars.

L'acide pur, après refroidissement à 25°C, est stocké dans R3. Les vapeurs (acide à 30%) servent à chauffer le bouilleur de C3. Après condensation dans cet échangeur, le liquide est repris par pompe centrifuge. Une partie, après refroidissement dans un échangeur alimente C1; l'autre partie sert de reflux à C5.

*L'éther étant un produit très inflammable, tous les appareils ou réservoirs contenant de cette substance sont sous atmosphère d'azote à l'aide d'un système de gardes hydrauliques.*

Session 2009	Page 6/15
Baccalauréat Professionnel : INDUSTRIES DE PROCEDES	Durée : 4 heures
Epreuve : E2 – Etude et conduites des opérations unitaires	Coef. : 3
N° CANDIDAT :	0906-IP T

**BACCALAUREAT PROFESSIONNEL**  
**INDUSTRIES DE PROCEDES**

**EPREUVE E2:**  
**ETUDE ET CONDUITE DES OPERATIONS UNITAIRES**

**DUREE 4H**

**COEFFICIENT 3**

**RECUPERATION D'ACIDE ACETIQUE**

**DOSSIER TRAVAIL**

Session 2009	Page 7/15
Baccalauréat Professionnel : INDUSTRIES DE PROCEDES	Durée : 4 heures
Epreuve : E2 – Etude et conduites des opérations unitaires	Coef. : 3
N° CANDIDAT :	0906- IPT

## **II – ETUDE DU PROCEDE (10/60)**

II-1 : A partir de la description du procédé page 4/15 et 5/15, indiquer les % en complétant les cases prévues annexe 1 page 10/15 puis répondre aux questions suivantes. (3/60)

*Pour les questions II-2 à II-6, répondre par 3 lignes maximum.*

II-2 : Quel est la fonction de la colonne C2 ? (1/60)

II-3 : Quel est la fonction des deux colonnes couplées C3 et C4 ? (1/60)

II-4 : Quel est la fonction de la colonne C5 ? (2/60)

II-5 : Pourquoi effectue-t-on une extraction liquide-liquide de la solution d'acide dans la colonne C1 avant la distillation de la colonne C5 ? (2/60)

II-6 : Quel est le rôle de l'inertage ? (1/60)

## **III – ETUDE DE LA COLONNE C5 (20/60)**

On alimente la colonne C5 avec un mélange acide acétique – eau de fraction molaire 0.526 en eau à un débit de 190 kmol/h (à sa température d'ébullition).

On donne :

Acide acétique  $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$     Masse molaire = 60 g/mol    T°ébullition (1atm) = 118°C  
Eau  $\text{H}_2\text{O}$     Masse molaire = 18 g/mol    T°ébullition (1atm) = 100°C

### **III-1 : Etude de l'alimentation**

III-1-1 : Calculer le titre massique de l'alimentation. (1/60)

III-1-2 : Calculer le débit massique de l'alimentation. (2/60)

### **III-2 : Dimensionnement de la colonne**

On désire déterminer le nombre d'étages théoriques nécessaires

Les spécifications de fonctionnement sont les suivantes :

- fraction molaire alimentation :  $x_a = 0.526$  en eau débit : 190 kmol/h
- fraction molaire distillat :  $x_d = 0.886$  molaire en eau
- fraction molaire résidu :  $x_s = 0.016$  molaire en eau
- Taux de Reflux : 3

**SUR L'ANNEXE 2 page 11/15**

III-2-1 : Positionner les points  $x_a$ ,  $x_d$  et  $x_s$  et tracer les 3 verticales passant par ces points. (1/60)

III-2-2 : Tracer la droite opératoire du tronçon de concentration. (1/60)

$$\text{On donne : } y_n = \frac{R}{R+1} x_{n+1} + \frac{x_D}{R+1}$$

III-2-3 : Tracer la droite opératoire du tronçon d'épuisement. (1/60)



Session 2009	Page 8/15
Baccalauréat Professionnel : INDUSTRIES DE PROCEDES	Durée : 4 heures
Epreuve : E2 – Etude et conduites des opérations unitaires	Coef. : 3
N° CANDIDAT :	0906 - IP T

III-2-4 : Déterminer le nombre d'étages théoriques. (2/60)

III-2-5 : Donner le nombre de plateaux réels nécessaires si l'efficacité est de 60%. (1/60)  
(justifier votre réponse) .

III-2-6 : Etablir le bilan matière de la colonne en complétant l'annexe 3 page 12/15 pour un taux de reflux  $R=3$ . (Les détails des calculs doivent figurer sur votre copie) (7/60).

On rappelle :  $R = \frac{L}{D}$  et  $V = L + D$ .

III-2-7 : Conduite de l'installation : Etude de l'influence du taux de reflux, de la puissance de chauffe. (4/60)

La colonne fonctionne de façon stable . Remplir le tableau de variation annexe 4 page 12/15 (avant intervention de la régulation).

#### **IV – ETUDE DE LA REGULATION DE LA COLONNE C5 (10/60)**

##### **IV-1 : Représentation des régulations**

Représenter les régulations suivantes sur l'annexe 5 page 13/15 et indiquer pour chacune d'elles les grandeurs réglées et réglantes sur l'annexe 6 page 14/15.

IV-1-1 : Boucle simple : La température en tête de colonne est régulée par le débit de reflux. (1/60)

IV-1-2 : Boucle simple : Le niveau de fond de colonne est régulé par le débit de soutirage. (1/60)

IV-1-3 : Régulation en cascade : La  $\Delta P$  de la colonne est régulée avec le débit de vapeur de chauffe ( la  $\Delta P$  est la boucle maître, le débit de vapeur de chauffe la boucle esclave). (2/60)

##### **IV-2 : Détermination des sens d'action des régulateurs**

Compléter le tableau en annexe 6 page 14/15. Justifier vos réponses sur l'annexe 6. (6/60)

#### **V – ETUDE DU BILAN THERMIQUE DE LA COLONNE C5 (20/60)**

Les données nécessaires au bilan thermique sont présentées en l'annexe 7 page 15/15.

##### **V-1 : Etude du réfrigérant de distillat E1 (10/60)**

V-1-1 : Calculer le débit d'eau de refroidissement au réfrigérant E1 (établir le bilan thermique). (2.5/60)

V-1-2 : L'échangeur E1 compte  $n=40$  tubes de diamètre intérieur  $d=12.5$  mm. Calculer la vitesse  $v$  de l'eau dans les tubes. On utilisera  $\rho_{eau} = 1000$  kg/m<sup>3</sup> (2.5/60)

$$S_{tube} = \frac{\pi \times d^2}{4}$$

$$Q_{eau} = v \times S_{tube} \times n$$

<b>Session 2009</b>	<b>Page 9/15</b>
<b>Baccalauréat Professionnel : INDUSTRIES DE PROCEDES</b>	<b>Durée : 4 heures</b>
<b>Epreuve : E2 – Etude et conduites des opérations unitaires</b>	<b>Coef. : 3</b>
<b>N° CANDIDAT :</b>	<b>0906 - IP T</b>

**V-1-3 : Déterminer le régime d'écoulement de l'eau de refroidissement dans les tubes. (2.5/60)**

On donne  $\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ kg/m}^3$ ,  $\mu_{\text{eau}} = 1.10^{-3} \text{ Pa.s}$ , D diamètre d'un tube en m, V vitesse en m/s

On rappelle que  
 si  $Re < 2000$  : le régime est laminaire.  
 si  $Re$  est compris entre 2000 et 3000 : le régime est transitoire.  
 si  $Re > 3000$  : le régime est turbulent.

On donne le nombre de Reynolds :  $Re = \frac{\rho.V.D}{\mu}$

**V-1-4 : Les fluides circulent à contre courant. Calculer le coefficient global d'échange. (2.5/60)**

On donne  $S = 5.7 \text{ m}^2$  et  $\phi = K.S.DTLM$  avec  $DTLM = \frac{\Delta T_e - \Delta T_s}{\ln\left(\frac{\Delta T_e}{\Delta T_s}\right)}$

**V-2 : Etude du bilan enthalpique de la colonne C5 (10/60)**

**V-2-1 : Calculer la puissance thermique évacuée par les vapeurs en tête de colonne en kJ/h (1/60).**

**V-2-2 : Calculer la puissance thermique évacuée par le résidu en kJ/h (1/60).**

**V-2-3 : Calculer la puissance thermique fournie par l'alimentation en kJ/h (1/60).**

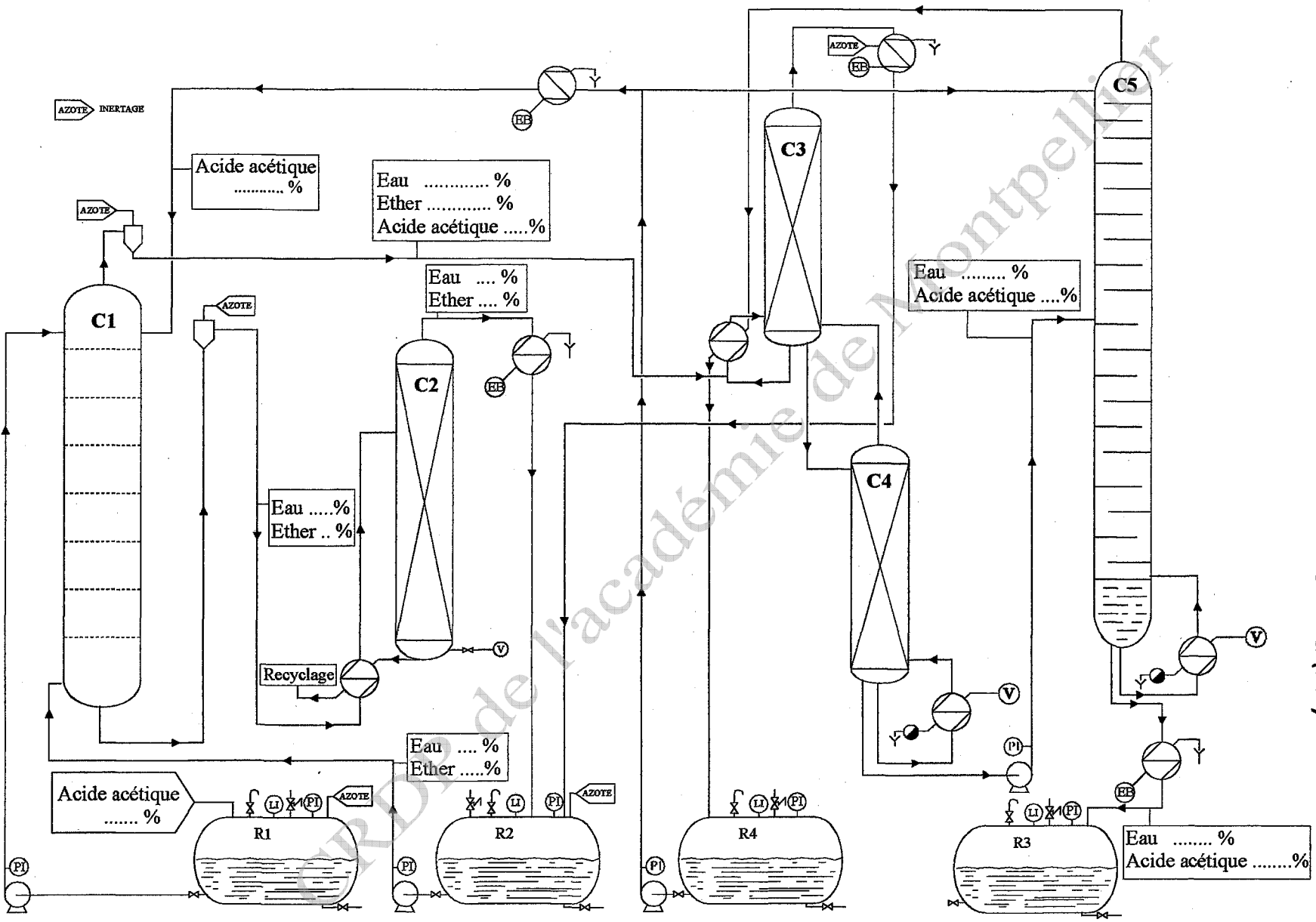
**V-2-4 : Calculer la puissance thermique fournie par le débit de reflux en kJ/h (1/60).**

**V-2-5 : Etablir la relation qui exprime la puissance amenée par la vapeur de chauffe en fonction du débit de vapeur et de la chaleur latente de vaporisation des vapeurs (2/60).**

**V-2-6 : En considérant que les pertes thermiques sont nulles, établir le bilan thermique de la colonne.  
 On rappelle : Puissance évacuée = Puissance fournie**

**Calculer la chaleur latente de vaporisation de la vapeur d'eau de chauffage (2/60).**

**V-2-7 : Calculer la pression de la vapeur d'eau de chauffage (2/60).**

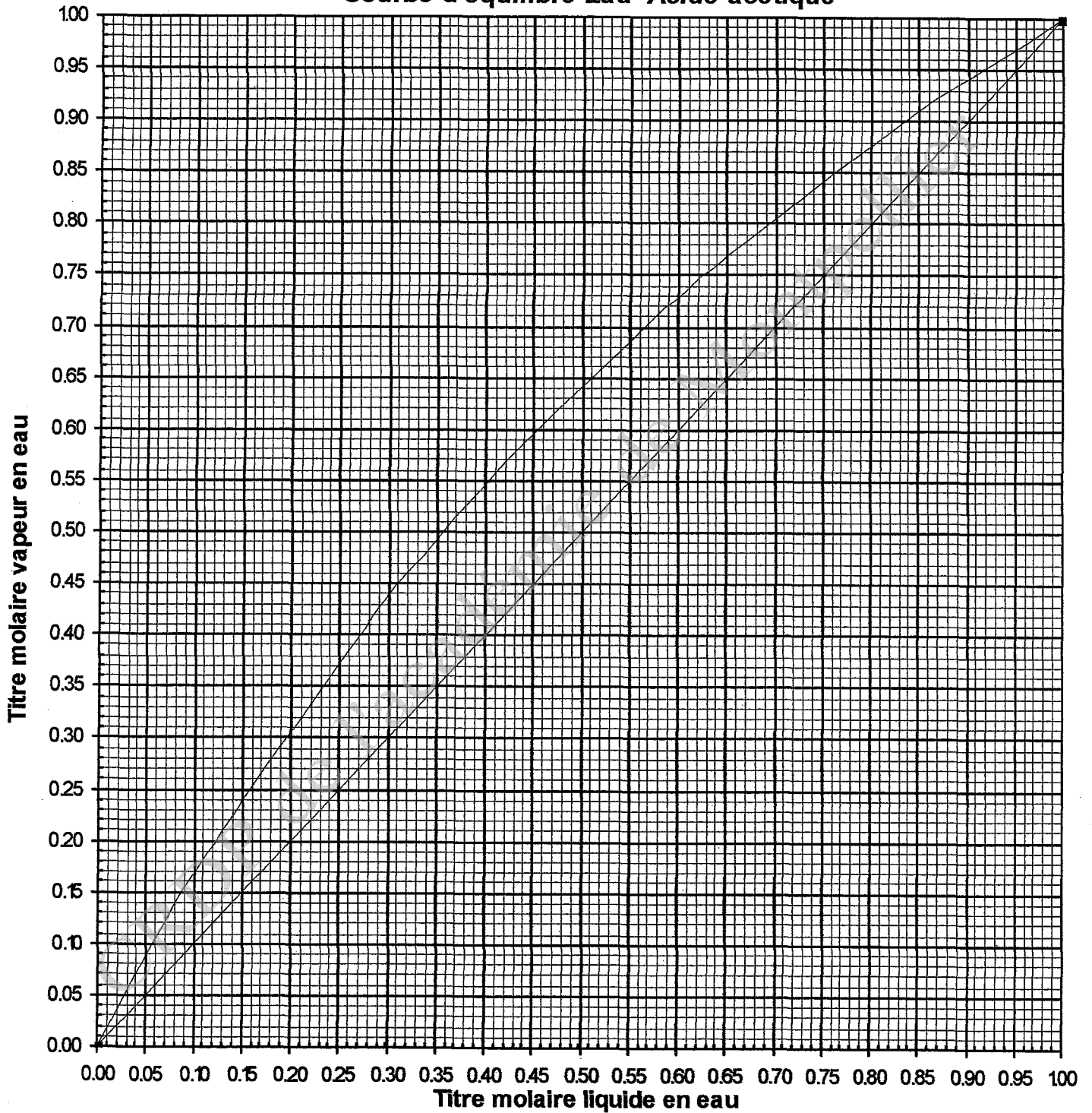


ANNEXE N°1 : SCHEMA DE PROCEDE (3/60)

Session 2009		Page 10/15
Baccalauréat Professionnel : INDUSTRIES DE PROCEDES		Durée : 4 heures
Epreuve : E2 – Etude et conduites des opérations unitaires		Coef. : 3
N° CANDIDAT :		09 06 - I p T

ANNEXE N°2 : DIMENSIONNEMENT DE LA COLONNE

Courbe d'équilibre Eau- Acide acétique



.....

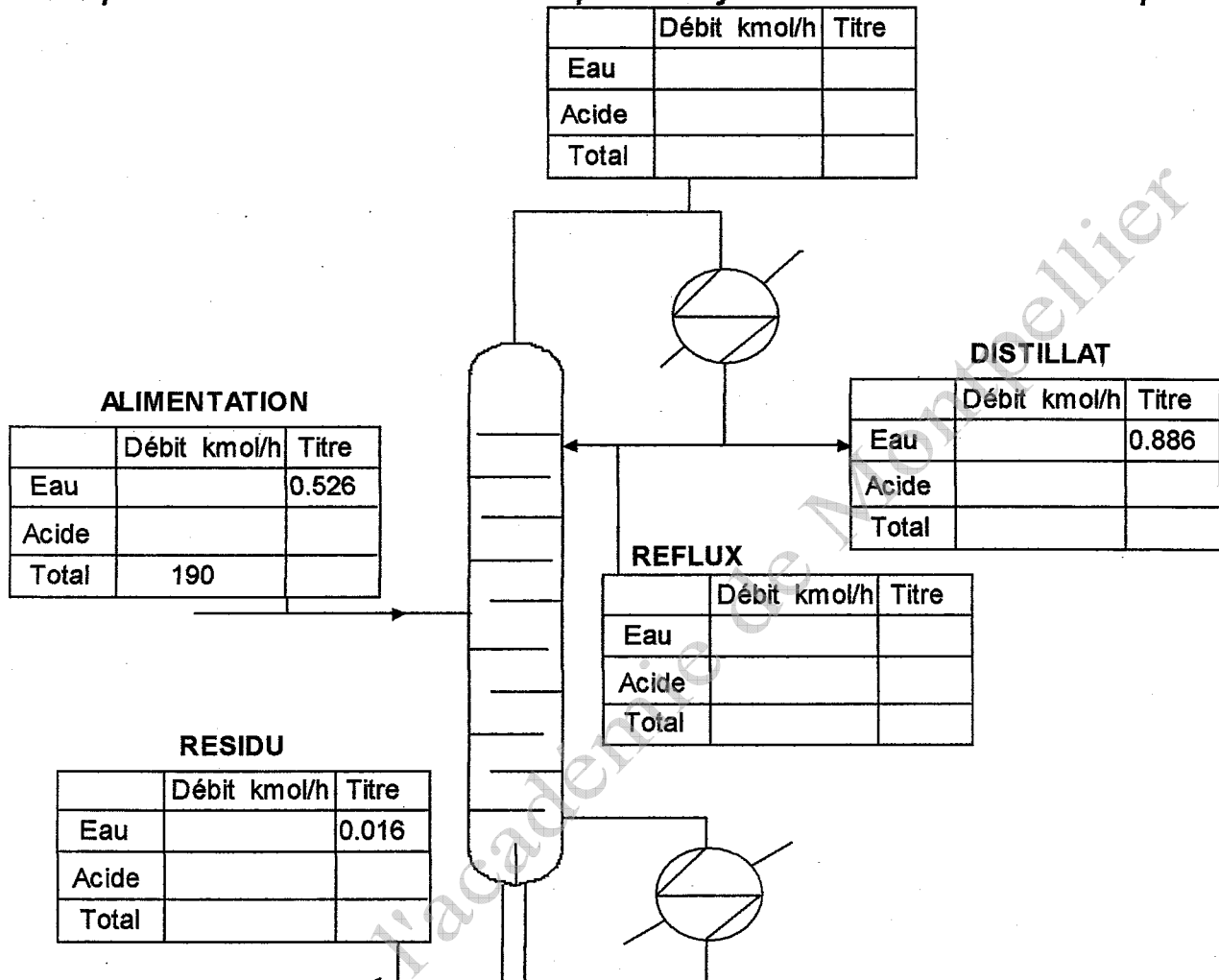
.....

.....

.....

### ANNEXE N°3 : BILAN MATIERE (7/60)

Compléter les débits et titres molaires après avoir justifié vos calculs sur votre copie.



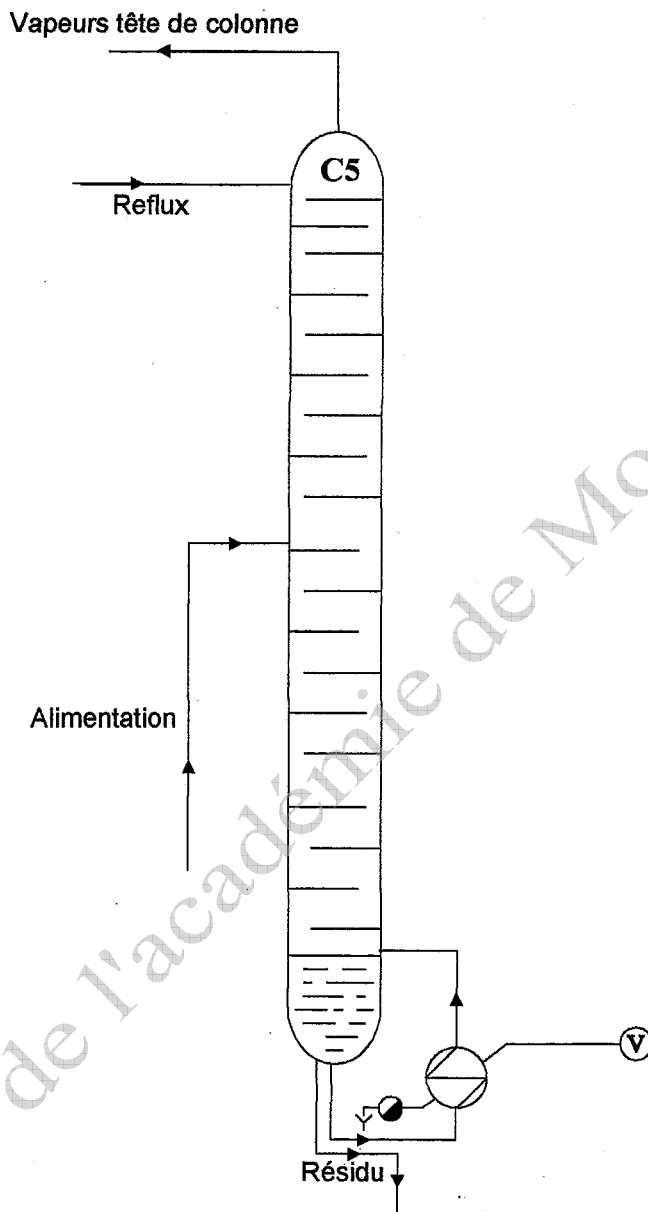
### ANNEXE N°4 : TABLEAU DE CONDUITE (4/60)

Compléter le tableau suivant :    diminution :  $\searrow$     augmentation :  $\nearrow$     stable :  $\rightarrow$

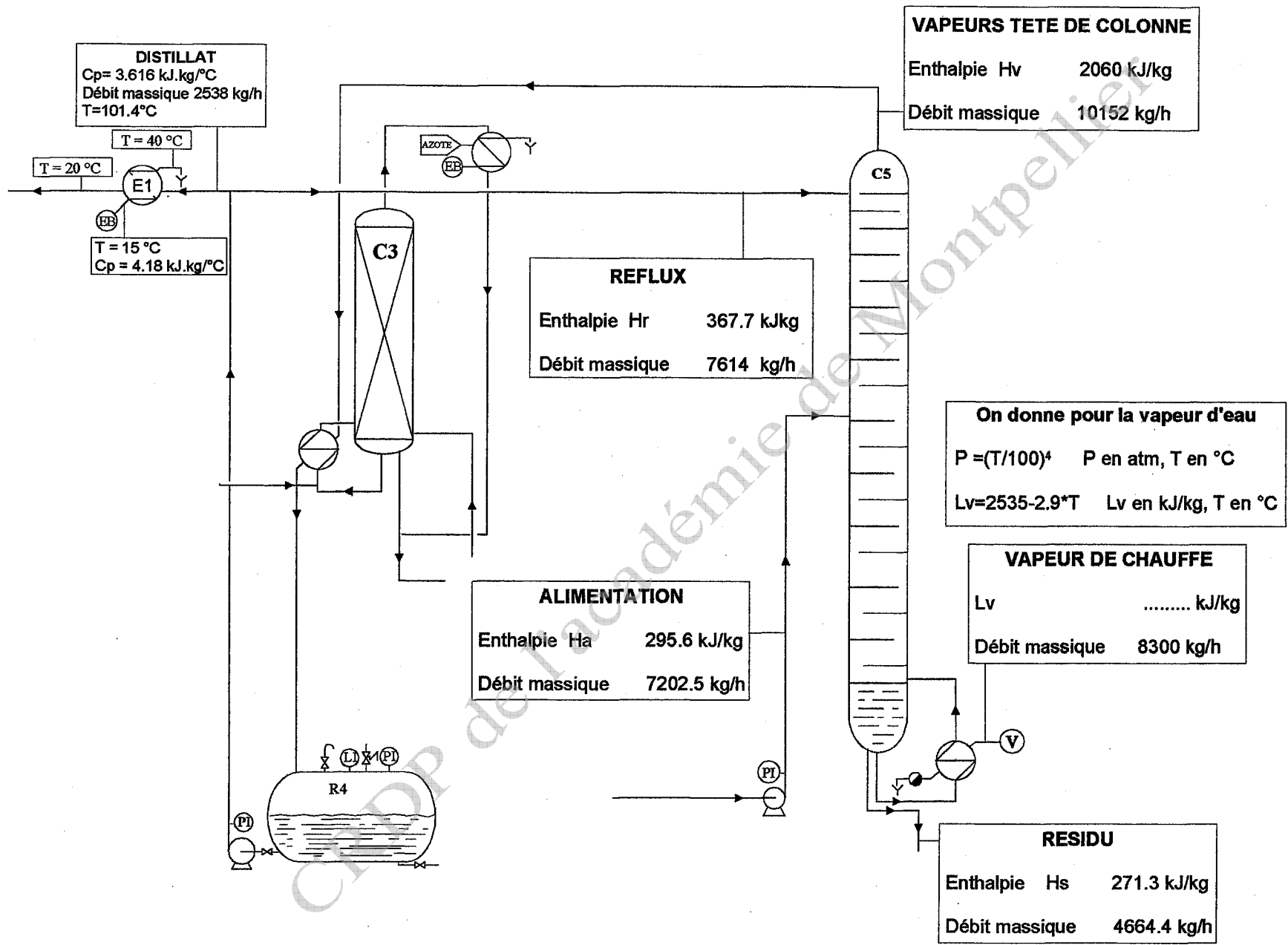
Puissance chauffe	Taux de reflux	Débit alimentation	Titre alimentation	Débit distillat	Débit résidu	Titre résidu	T°C résidu	$\Delta P$
$\rightarrow$	$\rightarrow$	$\rightarrow$	$\rightarrow$	$\rightarrow$	$\rightarrow$	$\rightarrow$	$\rightarrow$	$\rightarrow$
$\searrow$	$\rightarrow$	$\rightarrow$	$\rightarrow$					
$\nearrow$	$\rightarrow$	$\rightarrow$	$\rightarrow$					
$\rightarrow$	$\nearrow$	$\rightarrow$	$\rightarrow$					
$\rightarrow$	$\searrow$	$\rightarrow$	$\rightarrow$					

Session 2009	Page 13/15
Baccalauréat Professionnel : INDUSTRIES DE PROCEDES	Durée : 4 heures
Epreuve : E2 – Étude et conduites des opérations unitaires	Coef. : 3
N° CANDIDAT :	0906 -IP T

ANNEXÉ N°5 : REPRESENTATION DES REGULATIONS (4/60)







ANNEXE N°7 : BILAN THERMIQUE

Session 2009		Page 15/15
Baccalauréat Professionnel : INDUSTRIES DE PROCÉDES		Durée : 4 heures
Epreuve : E2 - Etude et conduites des opérations unitaires		Coef. : 3
N° CANDIDAT :		0906 - IP T