



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.

**Production d'éthanol comme carburant  
à partir de la betterave sucrière**

**BACCALAUREAT PROFESSIONNEL  
INDUSTRIES DES PROCÉDES**

**ÉPREUVE E1 . A1**

**DOSSIER TRAVAIL**

**Code Spécialité : 0906-IP ST A**

**Session : 2009**

## SOMMAIRE ET BAREMES

### Partie 1 : Compréhension du procédé : /22 points

<b>1-1) Schéma de principe</b>	<b>14</b>
<b>1-2) Extraction du sucre</b>	
1-2-1) la betterave	1
1-2-2) l'eau comme solvant d'extraction	1
1-2-2) l'eau chaude	1
<b>1-3) Fermentation</b>	
1-3-1) quantité de sucre extraite	2
1-3-2) rendement d'extraction	1
<b>1-4) L'éthanol anhydre</b>	<b>2</b>

### Partie 2 : Bilans thermiques : / 6 points

<b>2-1) Etude de l'échangeur E1 :</b>	<b>6</b>
---------------------------------------	----------

### Partie 3 : Bilan matière / 12 points

<b>3-1) Débit volumique d'éthanol anhydre</b>	<b>2</b>
<b>3-2) Détermination Qm6</b>	<b>2</b>
<b>3-3) Détermination Qm1</b>	<b>2</b>
<b>3-4) Schéma bilan matière:</b>	<b>4</b>
<b>3-5) Tableau :</b>	<b>2</b>

### Partie 4 : Régulation / 10

<b>4-1) Tableau relatif au fonctionnement des boucles de régulation</b>	<b>4</b>
<b>4-2) Etude du transmetteur pneumatique</b>	<b>3</b>
<b>4-3) Régulation cascade :</b>	<b>3</b>

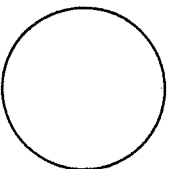
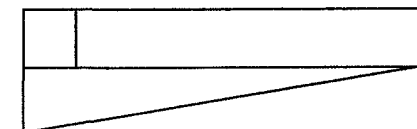
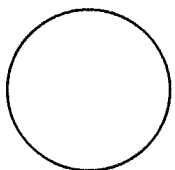
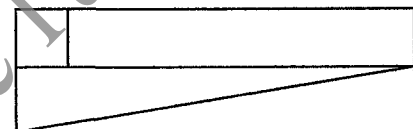
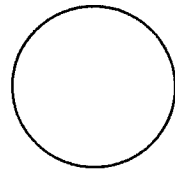
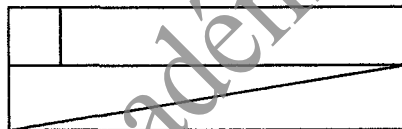
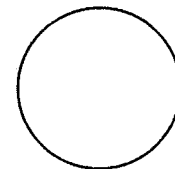
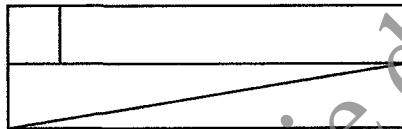
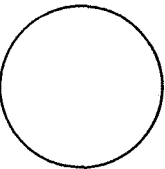
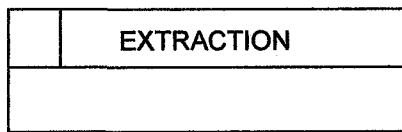
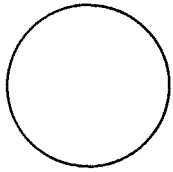
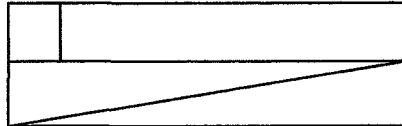
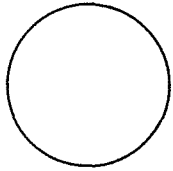
### Partie 5 : L'environnement comme enjeux / 10

<b>5-1) Calculez les masses molaires :</b>	<b>2</b>
<b>5-2) Calculer le nombre de mole pour 1 Kg de carburant :</b>	<b>2</b>
<b>5-3) Calculer le nombre de mole de CO<sub>2</sub> produite :</b>	<b>2</b>
<b>5-4) Calculer la masse de CO<sub>2</sub> produite :</b>	<b>2</b>
<b>5-5) Analyse de la combustion des deux carburants ?</b>	<b>2</b>

**Partie 1 : Compréhension du procédé :**

**1-1) Schéma de principe**

A l'aide de la description et du schéma du procédé, compléter le schéma de principe fourni ci-dessous en indiquant le nom (lettre) de l'appareillage dans lequel se déroule l'opération unitaire et s'il y a lieu les conditions opératoires ainsi que les sens de circulation et les recyclages.



CRDP de l'academie de Montpellier

## 1-2) Extraction du sucre

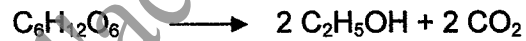
1-2-1) Pourquoi la betterave est-elle broyée sous forme de cossette ?

1-2-2) Pourquoi utilise-t-on de l'eau comme solvant d'extraction dans l'industrie sucrière ?

1-2-3) Pourquoi utilise-t-on de l'eau chaude ?

## 1-3) Fermentation

On sait en moyenne que 1000 Kg de betterave traités permet d'obtenir 90 Kg d'éthanol pur, d'après l'équation de la transformation du sucre en éthanol :



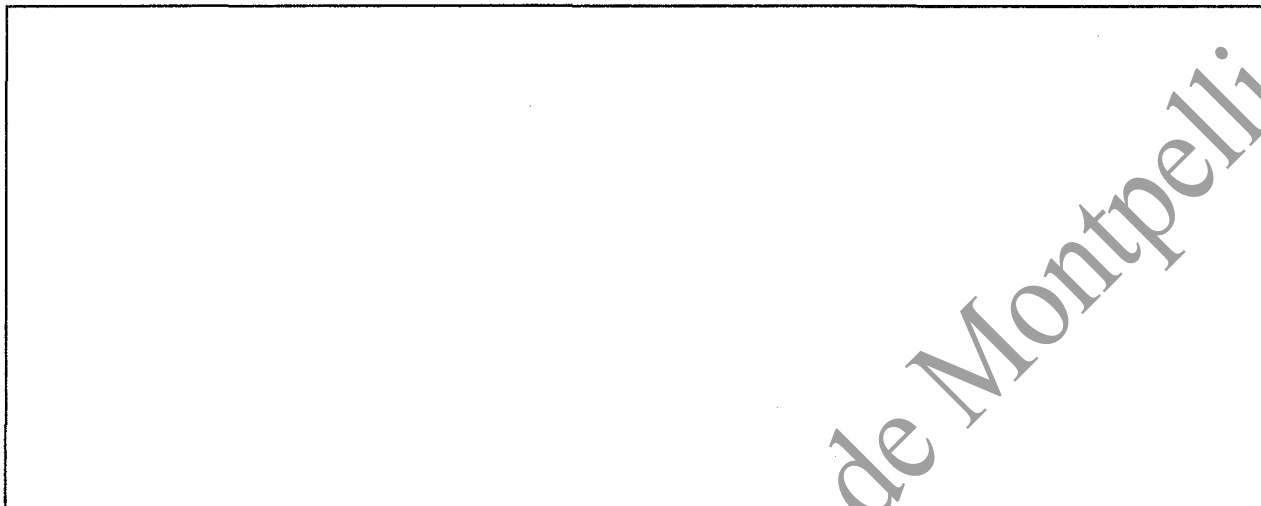
1-3-1) Déterminer la quantité de sucre extraite pour obtenir 90 kg d'éthanol pur

On donne (en g/mol) : H=1, O=16, C=12.

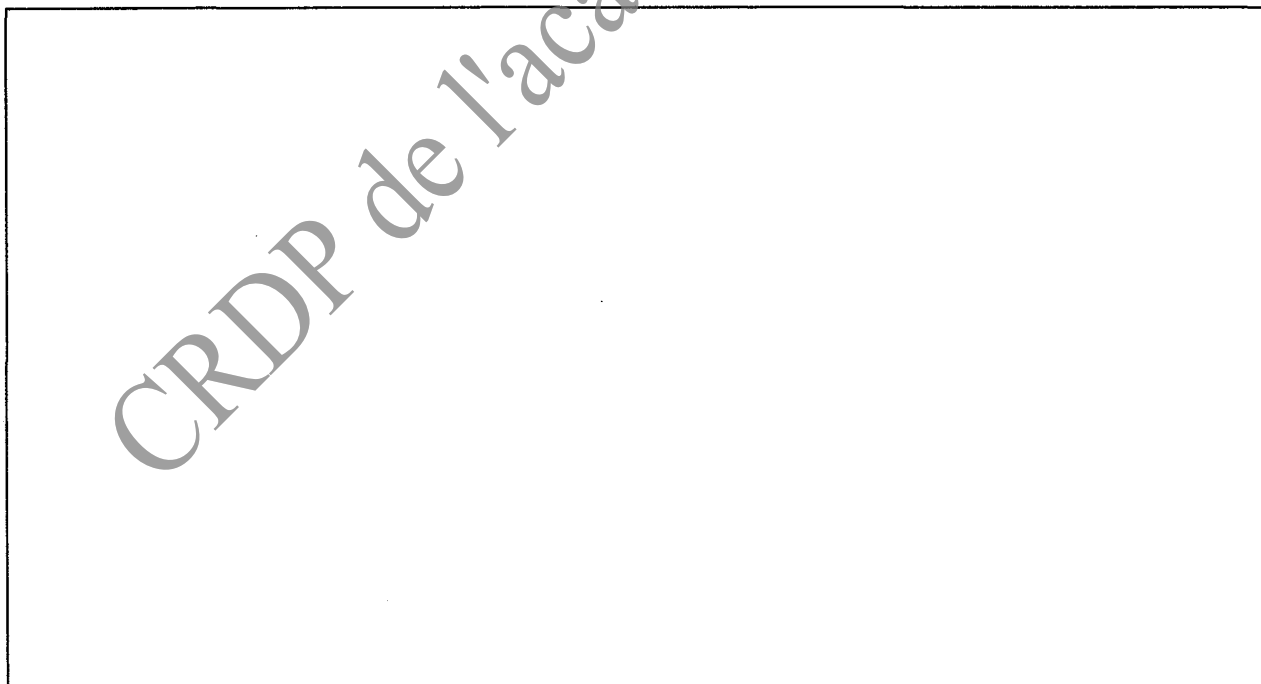
BAC PRO Industries de Procédés	Session : 2009	Dossier Travail
E1 : Etude d'un procédé industriel		
Durée : 3 h	Coefficient : 3	Page 4/14

1-3-2) Calculer le rendement d'extraction

$$\text{Rdt} = \frac{\text{masse de sucre}}{\text{masse de betterave}} \times 100$$



1-4) Pourquoi n'est-il pas possible d'obtenir de l'éthanol anhydre (à 99,5% d'éthanol par exemple) par distillation. Justifier.



BAC PRO Industries de Procédés	Session : 2009	Dossier Travail
E1 : Etude d'un procédé industriel		
Durée : 3 h	Coefficient : 3	Page 5/14

## Partie 2 : Bilans thermiques :

On considèrera pour la réalisation des bilan thermiques que les échangeurs sont efficaces à 100 % (Rendement thermique = 100 %), donc que le flux thermique fourni par le fluide chaud sera entièrement transmis au fluide froid.

On considèrera également que dans les échangeurs E1, E2 et E3, le fluide chaud fournira de la chaleur uniquement en se condensant.

### Etude de l'échangeur E1 : (voir schéma annexe 1 dossier ressources p 9/10)

On alimente dans l'échangeur 17151 Kg/h de solution provenant de la fermentation du jus de betterave contenant 10 % d'éthanol . Cette solution est préchauffée dans cet échangeur avant son passage dans un deuxième et introduction dans la colonne de distillation (D). Une partie des vapeurs sortant de la colonne (D) sera donc condensée dans E1 et retournera liquide (reflux) à son point d'ébullition dans la colonne

Déterminer le débit de vapeur condensée dans E1 (le résultat est à reporter dans le tableau question 3-5 ligne L5 page 10/14 dossier Travail) en réalisant un bilan thermique sur celui-ci.

Flux thermique fourni par la vapeur sortant de (D) en se condensant = Flux thermique reçu par la solution contenant l'éthanol. (voir données : annexe 2 dossier ressource page 10/10)

CRDP de l'académie de Montpellier

BAC PRO Industries de Procédés	Session : 2009	Dossier Travail
E1 : Etude d'un procédé industriel		
Durée : 3 h	Coefficient : 3	Page 6/14

### Partie 3 : Bilan matière

#### Bilan matière sur la partie déshydratation de l'alcool : (voir schéma p 9/14)

L'installation est étudiée afin de produire 1645,8 Kg/h de bioéthanol (contenant 0,5 % d'eau) en sortie du 2<sup>ème</sup> module de membranes Sifteck.

Les vapeurs sortant de l'échangeur E1 contiennent 70 % en masse d'éthanol.

Le 1<sup>er</sup> module de membranes élimine 90 % de la vapeur d'eau présente à l'entrée de celui-ci, le deuxième module ayant un rôle de finition afin de produire le bioéthanol anhydre contenant 99,5% massique d'éthanol et donc 0,5 % d'eau.

On considèrera pour la réalisation des bilans matières que les perméats sortant des membranes ne contiennent pas d'éthanol ( $W3$  et  $W4 = 0\%$ ) bien qu'en réalité de faibles quantités d'éthanol y soit présentes.

3-1) Déterminer le débit journalier volumique d'éthanol à 99,5% ?

3-2) Déterminer le débit d'éthanol pur produit ( $Q_{m6}$ ) :

BAC PRO Industries de Procédés	Session : 2009	Dossier Travail
E1 : Etude d'un procédé industriel		
Durée : 3 h	Coefficient : 3	Page 7/14



3-3) Calculer les débits massiques  $Q_{m1}$  en effectuant un bilan matière en éthanol  
On rappelle que les perméats ne contiennent pas d'éthanol

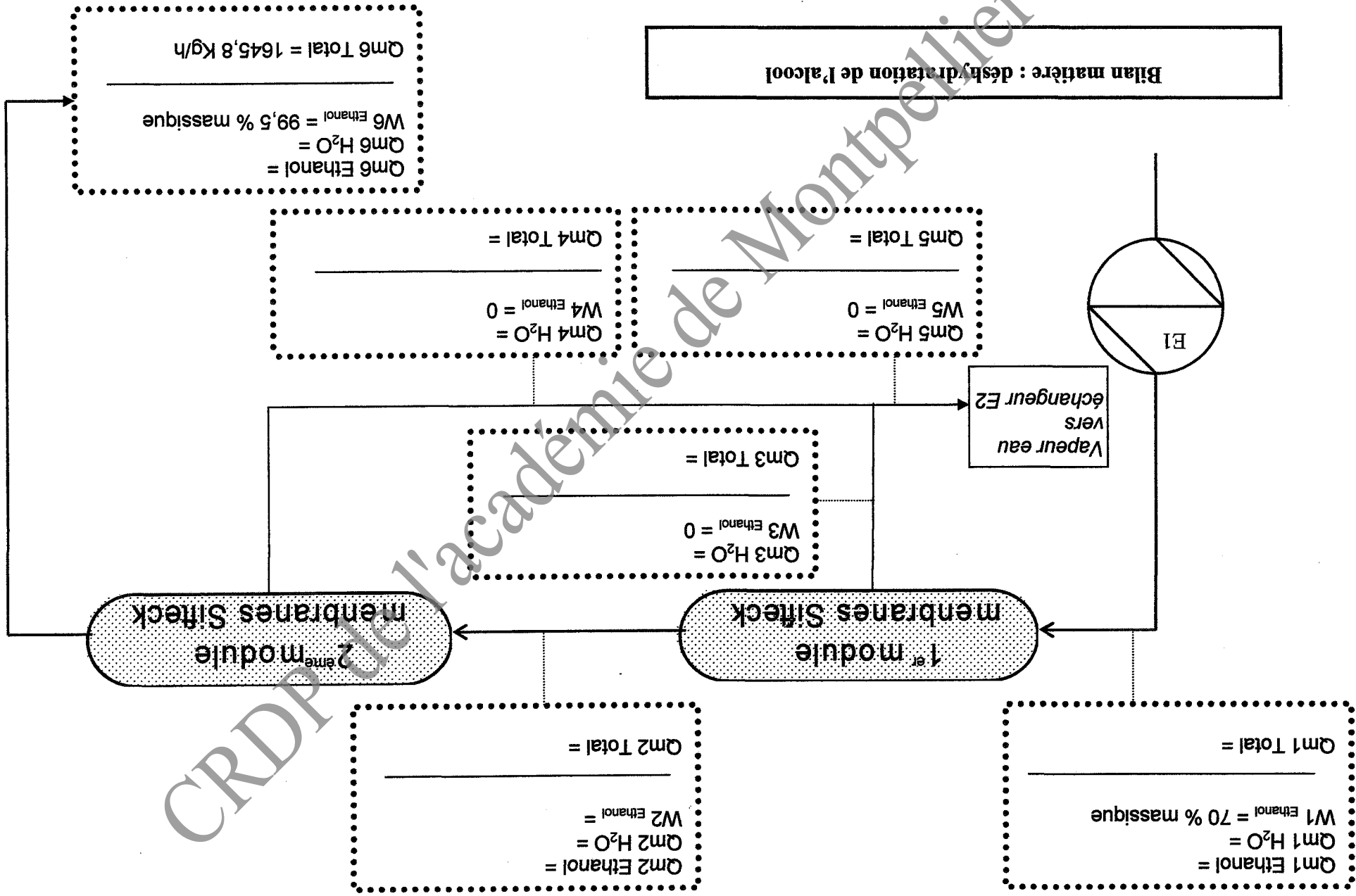
Empty box for the solution to question 3-3.

3-4) Compléter le schéma bilan matière de la page suivante : (détailler vos calculs ci-dessous)

Empty box for the solution to question 3-4.

CRDP de l'académie de Montpellier

BAC PRO Industries de Procédés	Session : 2009	Dossier Travail
E1 : Etude d'un procédé industriel		
Durée : 3 h	Coefficient : 3	Page 8/14



- 3-5) Compléter le tableau suivant relatif aux débits massiques horaires aux points correspondant sur le schéma simplifié de la partie distillation/déshydratation (annexe 1 dossier ressource page 9/10)

Ligne	L1	L2	L3	L4	L5	L6
Débit massique en Kg/h			693,6			

**Détails des calculs pour L6 (débit vinasses):**

CRDP de l'académie de Montpellier

BAC PRO Industries de Procédés	Session : 2009	Dossier Travail
E1 : Etude d'un procédé industriel		
Durée : 3 h	Coefficient : 3	Page 10/14

## Partie 4 : Régulation

**4-1) Complétez le tableau relatif au fonctionnement des boucles de régulation représentées sur le schéma de procédé simplifié annexe1 dossier ressource (p9/10) :**

Boucle N°	Grandeur réglée	Grandeur réglante	Type de vanne FMA (NF) ou OMA (NO)	Sens d'action du régulateur (Direct ou Inverse) Justifier le sens action
1	T°C jus d'alcool sortie E1		OMA	
2		Débit vapeur de chauffe E3		
3	T°C bas de colonne (D)		FMA	
4		Débit eau refroidissement E4		

**4-2) Etude du transmetteur de  $\Delta p$  de la boucle de régulation du chauffage :**

Le transmetteur est direct et a une échelle de 0 à 100 mbar pour une sortie normalisée de 4 à 20 mA.

Déterminée quel sera son signal de sortie si la perte de charge ( $\Delta p$ ) mesurée est de 20 mbar.

**4-3) Proposition d'amélioration de la boucle de régulation du soutirage du lourd :**

Afin d'améliorer le fonctionnement de la boucle de régulation du soutirage du lourd dans la colonne (D), on propose la réalisation d'une boucle de régulation en cascade suivant le schéma ci-dessous :

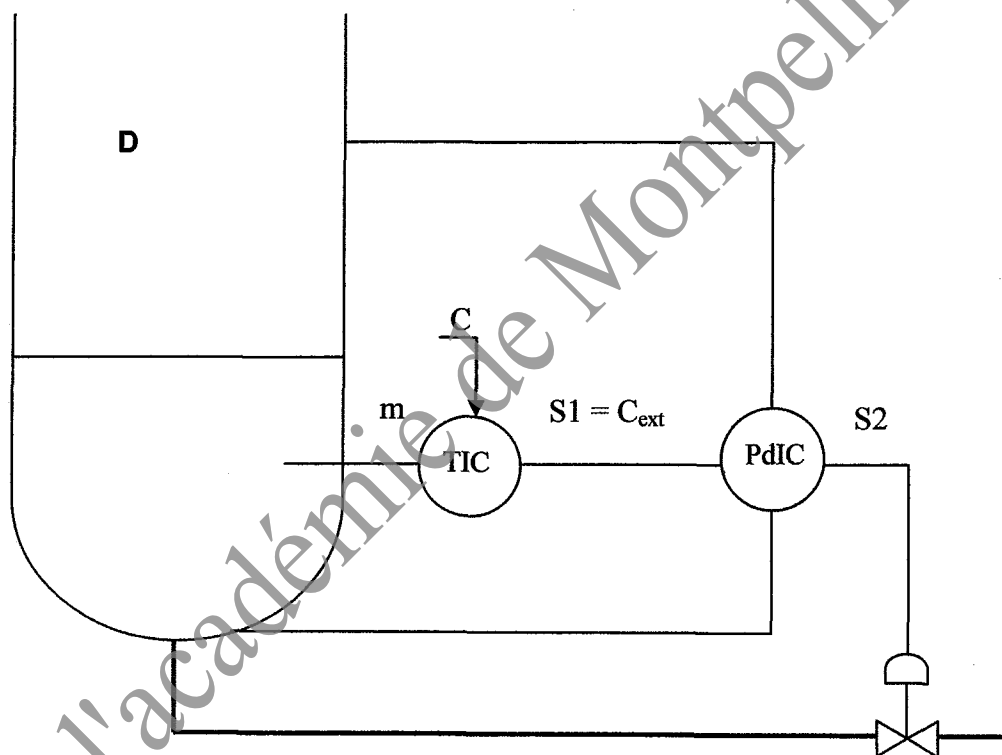
Avec :

m = mesure

C = consigne régulateur TIC

S1 = Signal de sortie régulateur TIC normalisé 4 à 20 mA = Consigne externe de PdIC

S2 = Signal de sortie régulateur PdIC normalisé 4 à 20 mA



Compléter le tableau ci-dessous avec des flèches indiquant le sens de variation :

Régulateur TIC Maitre INVERSE		Régulateur PdIC Esclave INVERSE		Organe correcteur FMA (NF)
m	S1	Consigne	S2	O (Ouvert) F(Fermé)
↗				
↘				

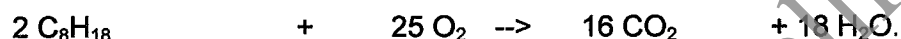
## Partie 5 : L'environnement comme enjeu

L'analyse chimique de la combustion de l'éthanol et de l'essence, nous permet de mieux comprendre l'avantage de l'utilisation de l'éthanol comme carburant.

Combustion de l'éthanol :



Combustion de l'essence ( octane ) :



Déterminer la quantité de  $\text{CO}_2$  dégagée pour 1 Kg de chaque carburant :

5-1. Calculez les masses molaires :

- éthanol :	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	Masse molaire :
- essence :	$\text{C}_8\text{H}_{18}$	Masse molaire :
- $\text{CO}_2$		Masse molaire :

5-2. Calculer le nombre de mole pour 1 Kg de carburant :

- éthanol :	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	nombre de mole :
- essence :	$\text{C}_8\text{H}_{18}$	nombre de mole :

5-3. Calculer le nombre de mole de  $\text{CO}_2$  produite :

- éthanol :	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	nombre de mole de $\text{CO}_2$ :
- essence :	$\text{C}_8\text{H}_{18}$	nombre de mole de $\text{CO}_2$ :

5-4. Calculer la masse de  $\text{CO}_2$  produite :

- éthanol :	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	masse de $\text{CO}_2$ :
- essence :	$\text{C}_8\text{H}_{18}$	masse de $\text{CO}_2$ :

BAC PRO Industries de Procédés	Session : 2009	Dossier Travail
E1 : Etude d'un procédé industriel		
Durée : 3 h	Coefficient : 3	Page 13/14

5-5. Tableau récapitulatif :

	Masse de carburant en Kg	Masse molaire En g/mol	Nombre de mole de carburant	Nombre de mole de CO <sub>2</sub> produite	Masse de CO <sub>2</sub> produite en Kg
Ethanol C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	1				
Essence C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	1				

On donne en g/mol : H = 1

C = 12

O = 16

5-6 quelle analyse peut-on en tirer pour une combustion de masse égale ( 1 Kg ) de ces deux carburants ?