



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.

# BACCALAURÉAT PROFESSIONNEL

## INDUSTRIES DE PROCÉDÉS

SESSION 2012

### ÉPREUVE E2 : ÉPREUVE TECHNOLOGIQUE

#### Sous-épreuve B2 : ÉTUDE D'UN PROCÉDÉ INDUSTRIEL

*Calculatrice autorisée, conformément à la circulaire n°99-186 du  
16 Novembre 1999  
Aucun document autorisé*

*Le sujet se compose de 12 pages, numérotées de 1/12 à 12/12.  
Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.*

**Ce sujet sera rendu dans sa totalité, agrafé dans une copie anonymée**

COMPRÉHENSION DU PROCÉDÉ	/19
BILAN THERMIQUE	/12
BILAN MATIÈRE	/12
RÉGULATION	/10
SECURITÉ - ENVIRONNEMENT	/7
TOTAL	/60
	/20

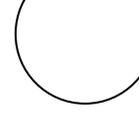
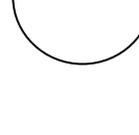
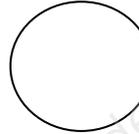
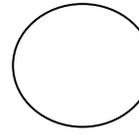
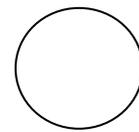
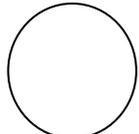
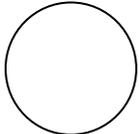
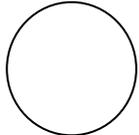
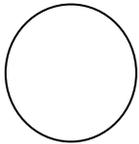
DOSSIER TRAVAIL		
BACCALAURÉAT PROFESSIONNEL INDUSTRIES DE PROCÉDÉS Session : 2012	E2 : Épreuve technologique Sous-épreuve B2 : Étude d'un procédé industriel	
	Coef : 3	Durée : 3 heures
Repère : 1206-IPT22	Ce sujet comporte 12 pages	Page 1/12

# TRAITEMENT DES BOUES

## I - COMPRÉHENSION DU PROCÉDÉ (19 points)

1. À partir de la description du procédé et du schéma de procédé (**dossier ressources, pages 3 à 5**), Compléter le schéma de principe suivant en faisant figurer : le nom de produits entrants et sortants, le nom des opérations unitaires, leur repère et les conditions opératoires, les liaisons entre les différents éléments.

/ 11,5 pts
------------

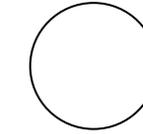
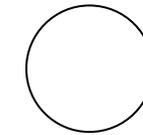
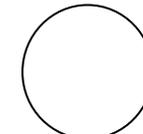
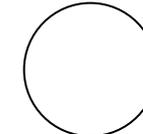
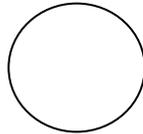


S1	




	DÉPOUSSIÉRAGE



2. En vous aidant du schéma de procédé (**page 5**) et de la description du procédé (**page 3**), compléter le tableau suivant :

			/ 2 pts
Repère	Nom	Fonction	
	Filtre presse		
K1			
	Réacteur catalytique		
		Lavage des gaz acides	

3. Donner la fonction et l'intérêt des deux échangeurs E1 et E2 dans le procédé.

/ 3 pts

4. Pour augmenter l'efficacité de la réaction de dénitrification, on souhaite modifier les paramètres opératoires. Indiquer, en justifiant votre raisonnement, le réglage ( $\uparrow$ ,  $\downarrow$ ,  $\rightarrow$ ) à effectuer sur la température et sur la pression.

/ 2,5 pts

Paramètre	Évolution ( $\uparrow$ , $\downarrow$ , $\rightarrow$ )	Justificatif
Température		
Pression		

## II - INCINÉRATEUR À LIT FLUIDISÉ – BILAN THERMIQUE (12 points)

### Présentation

L'incinération des boues a lieu dans un réacteur à lit fluidisé à 850°C. Cette température ne peut être atteinte qu'avec un apport d'énergie important.

L'énergie libérée lors de la combustion des matières volatiles contenues dans les boues n'étant pas suffisante, l'incinérateur est alimenté en méthane.

Le débit de méthane est calculé de telle sorte que l'énergie libérée par sa combustion fournisse l'énergie manquante.

### Caractéristiques des courants entrants

**Les boues** : les boues entrent dans le réacteur avec un débit molaire de 7762 mol/h, une température de 25°C et une enthalpie de 1417 J/mol.

**L'air** : l'air entre dans le réacteur avec un débit molaire de 5579 mol/h, une température de 500°C et une enthalpie de 15953 J/mol.

**Le méthane** : le méthane entre dans le réacteur à 25°C, avec une enthalpie de 793 J/mol.

### Caractéristiques du courant sortant

**Les fumées** : les fumées contiennent différents constituants issus des courants entrants, des réactions de combustion des matières volatiles et du méthane.

Les fumées dont le débit molaire est de 15 000 mol/h, sortent du réacteur à une température de 850°C avec une enthalpie de 38600 J/mol.

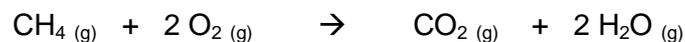
### Réactions de combustion

**Combustion des matières volatiles** contenues dans les boues : les boues introduites dans le réacteur ont un débit massique de 114 kg/h, une siccité (% MS) de 30%.

Les matières sèches sont composées de 65% de matières volatiles (MV) et de 35% de matières minérales (MM).

Seules les matières volatiles sont décomposées lors d'une réaction de combustion dont le pouvoir calorifique est :  $P_C = - 24.10^6$  J/kg de matières volatiles.

**Combustion du méthane** : la totalité du méthane introduit dans le réacteur est consommée lors de la réaction de combustion suivante :



### Informations diverses

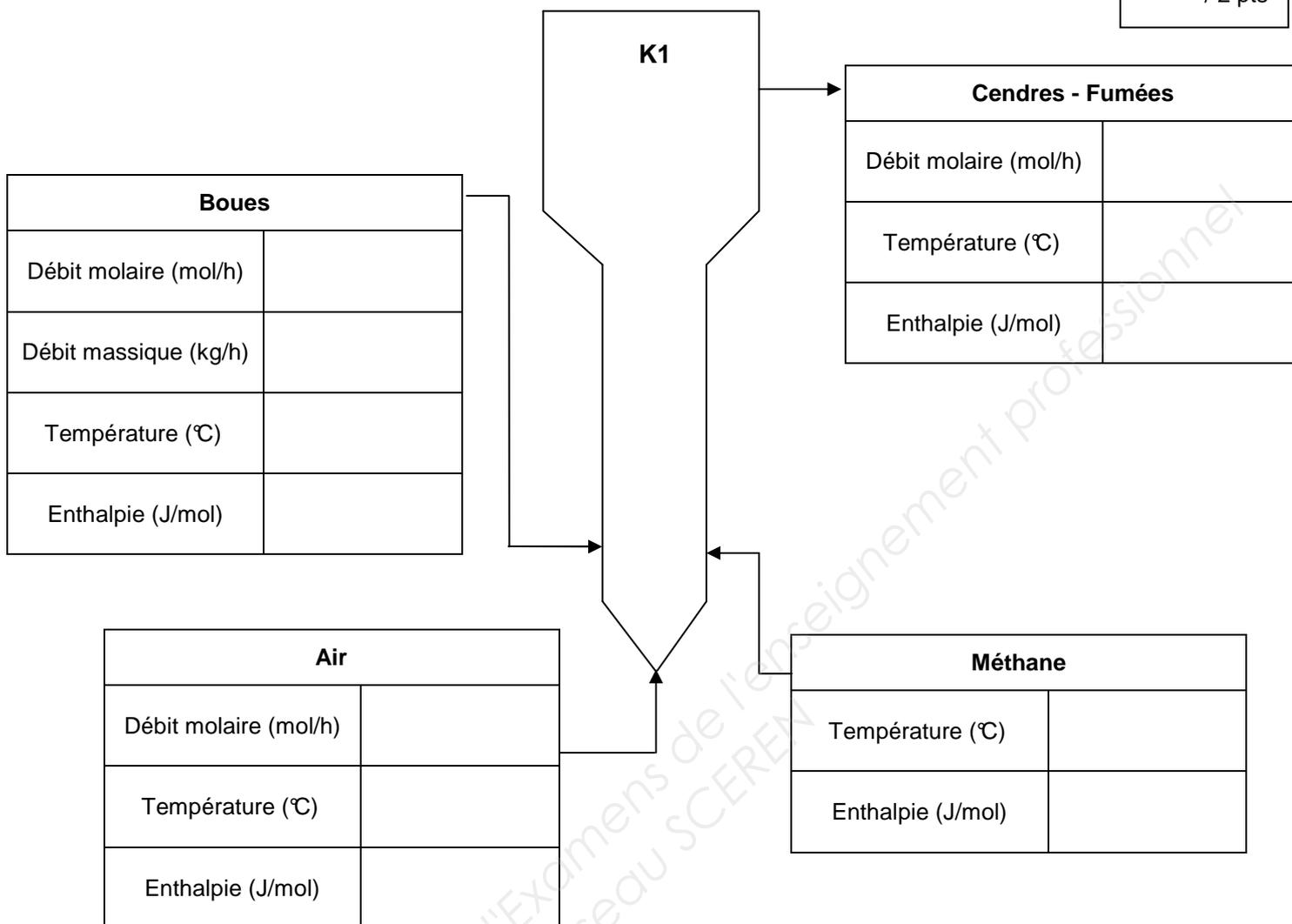
Pertes thermiques:  $\Phi_{\text{pertes thermiques}} = 107.10^6$  J/h

Température de référence pour les enthalpies : 0°C .

**Formules et données : dossier ressources page 6.**

1. Placer sur le schéma suivant l'ensemble des informations de l'énoncé.

/ 2 pts



2. Compléter le tableau suivant, en faisant figurer les données de l'énoncé et en calculant les débits manquants.

/ 3 pts

Caractéristiques des boues							
Nom	Débit massique (kg/h)	Nom	Pourcentage massique (%)	Débit massique (kg/h)	Nom	Pourcentage massique (%)	Débit massique (kg/h)
Boues		Matières sèches			Matières volatiles		
					Matières minérales		
		Eau					

3. Calculer l'enthalpie standard de réaction de combustion du méthane ( $\Delta H_r^\circ$ ).

/ 3 pts



4. Établir le bilan thermique et en déduire le débit molaire de méthane à mettre en œuvre.

/ 4 pts



### III - TRAITEMENT DES FUMÉES – BILAN MATIÈRE (12 points)

Les fumées dégagées à la sortie de l'incinérateur ne peuvent être directement renvoyées à l'atmosphère car elles contiennent des gaz toxiques pour l'être humain et l'environnement et notamment les oxydes d'azote (NO) dont la concentration de rejet ne doit pas dépasser 200 mg/Nm<sup>3</sup>.

Le monoxyde d'azote est réduit en présence d'ammoniac et d'oxygène à 400°C dans un réacteur catalytique contenant du titane.

Le taux de conversion du monoxyde d'azote dans ces conditions est de 85%. Le débit molaire des fumées est de 15 000 mol/h, le titre molaire du monoxyde d'azote est de 0,093 %.

**Remarque** : on considérera le débit molaire des fumées comme constant.

#### Formules et données : dossier ressources (page 6).

1. Calculer le débit molaire de monoxyde d'azote présent à l'entrée de l'incinérateur (mol/h).

/2 pts

2. Calculer le débit molaire de monoxyde d'azote non converti, présent à la sortie de l'incinérateur (mol/h).

/2 pts

3. Calculer le débit massique de monoxyde d'azote non converti, présent à la sortie de l'incinérateur (mg/h).

/2 pts

4. Calculer le débit volumique des fumées ( $\text{Nm}^3/\text{h}$ ), en utilisant la loi des gaz parfaits.

/ 2 pts

5. Le débit de monoxyde d'azote en sortie de l'incinérateur calculé est de  $62700 \text{ mg/h}$ , calculer la concentration du monoxyde d'azote dans les fumées en sortie de l'incinérateur ( $\text{mg}/\text{Nm}^3$ ).

/ 2 pts

6. Comparer la concentration du monoxyde d'azote dans les fumées en sortie de l'incinérateur avec le taux de rejet toléré et conclure sur l'efficacité du traitement.

/ 2 pts

#### IV - ABSORPTION DES GAZ ACIDES – RÉGULATION (10 points)

La colonne d'absorption D1, permet de retenir grâce à un débit d'eau, les gaz acides que sont  $\text{SO}_2$  et  $\text{HCl}$  contenus dans les fumées. Cette opération nécessite la mise en place de deux boucles de régulation :

- 1- une régulation de niveau de bas de colonne par soutirage de la solution acide (absorbât).
- 2- une régulation du débit d'eau par action sur la vanne d'alimentation d'eau (absorbant).

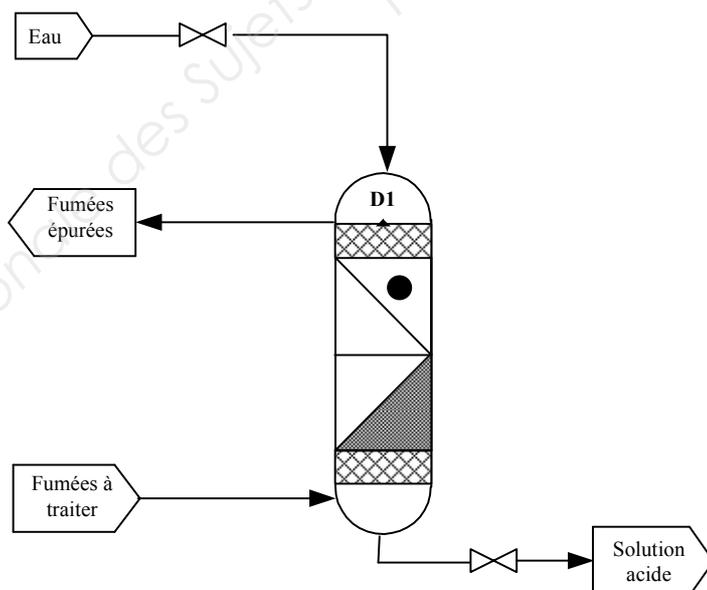
1. Compléter le tableau suivant :

/ 2 pts

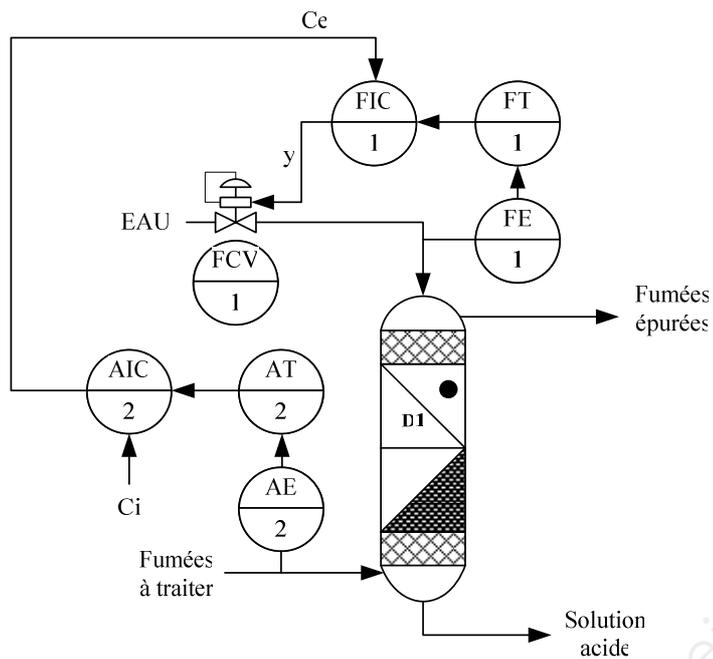
Boucle	Nom de la grandeur mesuré	Nom de la grandeur réglante	Sens d'évolution ( $\uparrow$ ou $\downarrow$ ) de la grandeur réglante pour une augmentation de la grandeur mesuré
1	Niveau de bas de colonne		
2	Débit d'eau		

2. Schématiser sur le schéma suivant les boucles de régulation étudiées en vous aidant des normes de schématisation **dossier ressources (page 7)**.

/ 3 pts



3. La boucle de régulation du débit d'eau est asservie à la qualité des fumées à traiter. Le schéma suivant représente cette amélioration de conduite.



3.1 Indiquer le nom de ce type de régulation.

/ 1 pt

3.2 Compléter le tableau suivant.

/2 pts

Symbole	Nom du régulateur (maître ou esclave)	Fonction du signal de sortie (Y) du régulateur
		
		

3.3 Quel est l'avantage de cette régulation par rapport à une régulation simple ?

/2 pts

## V - SÉCURITÉ – ENVIRONNEMENT (7 points)

1. Après les différents traitements, les fumées peuvent être rejetées à l'atmosphère puisqu'elles sont conformes aux normes imposées par la réglementation.  
Le rejet s'effectue par le biais d'une cheminée dont la hauteur est élevée.

Pourquoi est-il très important d'avoir une cheminée avec une hauteur importante ?

/1 pt

2. Les cendres volantes qui proviennent du cyclone sont récupérées sous une forme sèche, ce qui permet de valoriser par recyclage dans les matériaux de construction.

Cette voie de valorisation étant encore peu répandue, les cendres sont souvent dirigées vers des mises en décharge.

- 2.1 À partir du **dossier ressources (page 8)**, donner la classe réservée à ce type de déchet.

/1 pt

- 2.2 Quels traitements, les cendres, doivent-elles subir avant d'être mises en décharge ?

/1 pt

3. La trempe des fumées permet d'avoir, rapidement, une température assez basse ( $T = 30^{\circ}\text{C}$ ). Cette température est favorable à l'absorption de  $\text{SO}_2$  et d' $\text{HCl}$ .

En vous aidant des données de chaque composé (**dossier ressources pages 9 et 10**), expliquer ce phénomène.

/2 pts

--

4. Indiquer les mesures de protections individuelles et collectives par rapport à la manipulation de la solution d'acide chlorhydrique, en vous aidant de sa fiche « produit » (**dossier ressources page 10**).

/2 pts

--