



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

DOSSIER RESSOURCES

*Le dossier se compose de 10 pages, numérotées de 1/10 à 10/10
Dès que le dossier vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.*

DOSSIER RESSOURCES		
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 dossier comporte 10 pages	Page 1/10

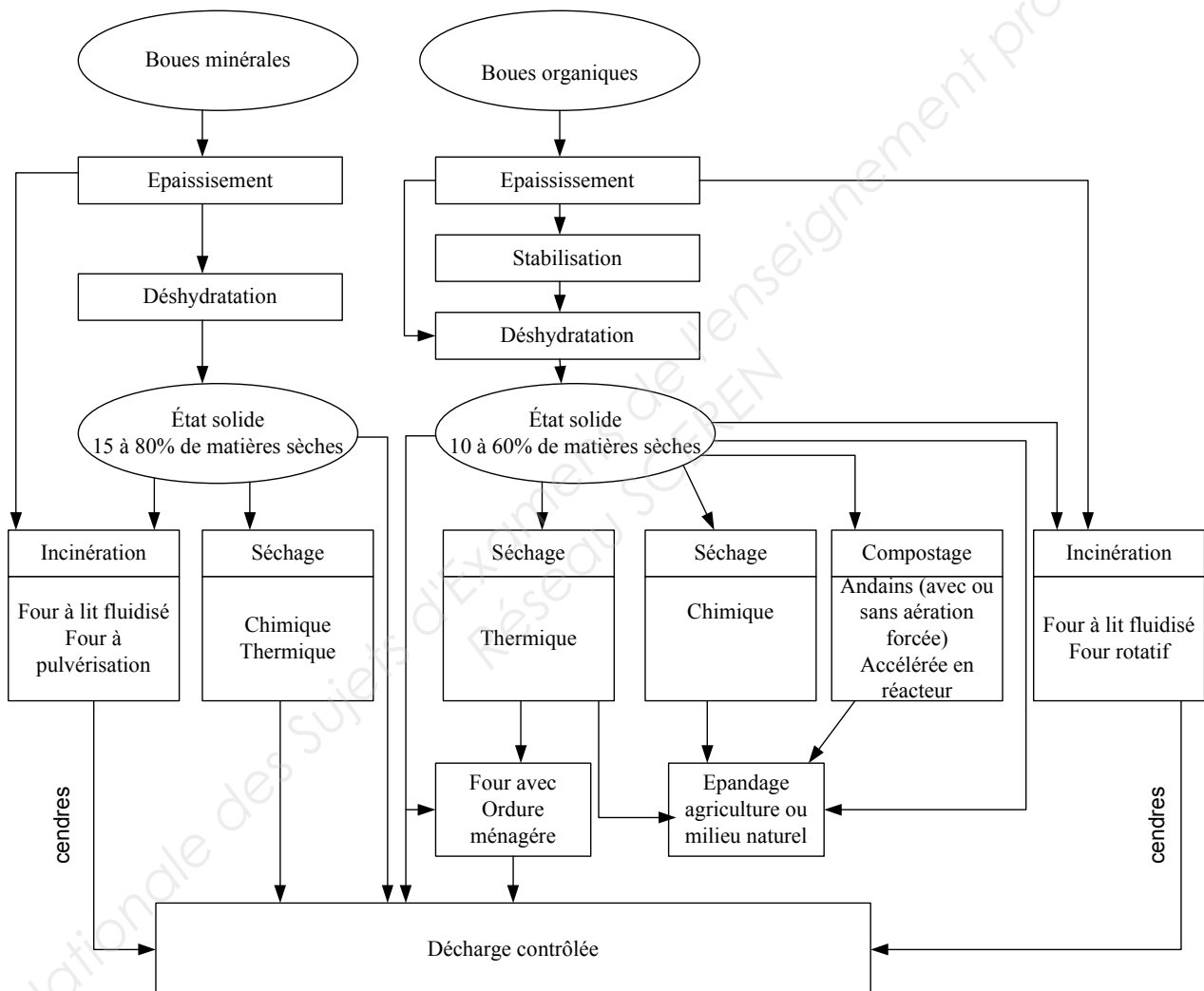
PRÉSENTATION DU PROCÉDÉ : TRAITEMENT DES BOUES

Les boues résiduaires proviennent essentiellement de station d'épuration des eaux d'agglomération ou de procédés industriels. Le choix de la filière de traitement des boues dépend de plusieurs critères : de l'origine des boues, de la localisation, du contexte économique et environnemental.

On distingue deux types de boues :

- les boues minérales qui contiennent moins de 30% de matières organiques,
- les boues organiques qui contiennent plus de 30% de matières organiques.

Les filières de traitement pour ces deux types de boues sont :



Nous allons plus particulièrement nous intéresser au procédé de traitement des boues organiques par incinération dans un four à lit fluidisé.

Matière première : Les boues organiques qui alimentent le procédé sont constituées en moyenne :

- ✓ humidité : 70 % massique d'eau,
- ✓ siccité : 30 % massique de matières sèches (MS).

Les matières sèches (MS) sont composées de :

- les matières organiques (MO) assimilées à la matière volatile (MV) pour 65 % massique,
- les matières minérales pour 35 % massique.

Description du procédé de traitement des boues

Les boues arrivent avec une composition d'environ 2 % de matière sèches. Afin d'être incinérées il faut augmenter ce taux à 30%, grâce à plusieurs opérations notées ci-dessous :

- ✓ les boues subissent un épaissement par flottation dans le bassin (S1) au bas duquel on injecte de l'air pressurisé. Les particules solides remontent en surface et sont récupérées par des racleurs de surface. L'eau épurée est quant à elle renvoyée vers la filière eau,
- ✓ la floculation (A1) permet de créer des floccs par ajout de produits chimiques (le chlorure de fer FeCl_3 et la chaux Ca(OH)_2) en vue d'augmenter l'efficacité de la déshydratation,
- ✓ les boues sont ensuite envoyées dans un filtre presse (S2) afin d'obtenir, par déshydratation, une siccité de 30%. L'eau récupérée est renvoyée vers la filière eau.

À ce stade les boues peuvent subir l'étape de combustion dans l'incinérateur (K1).

- ✓ La combustion est réalisée dans l'incinérateur à lit fluidisé à 850°C. La fluidisation est une technique de mise en suspension de particules solides par un courant gazeux ascendant. L'introduction des boues et de l'air se fait donc dans la partie basse de l'incinérateur. Les matières contenues dans les boues vont réagir avec le dioxygène de l'air sous la forme de réactions de combustion.

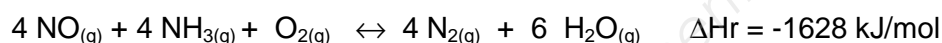
Durant le fonctionnement de l'incinérateur, l'énergie dégagée par la combustion des boues permet d'obtenir une température élevée dans le réacteur mais insuffisante par rapport aux contraintes définies sur le lit fluidisé (850°C).

Pour palier à cela, on introduit dans l'incinérateur un combustible supplémentaire, le méthane. Le manque d'énergie est alors compensé par l'énergie libérée par la combustion du méthane.

Les fumées issues de l'incinérateur vont ensuite suivre une série de traitement.

- ✓ Les fumées issues de l'incinérateur sont ensuite envoyées dans un cyclone (S3), afin d'éliminer les poussières (cendres) transportées par le courant gazeux qui risquent de générer des phénomènes d'encrassement et d'érosion sur la suite du procédé.
- ✓ L'étape de dénitrification permet de traiter les oxydes d'azotes contenus dans les fumées car ce sont des gaz toxiques pour l'être humain et l'environnement dont la concentration limite de rejet ne doit pas dépasser 200 mg/Nm³.
Le monoxyde d'azote est réduit en diazote, en présence d'ammoniac et d'oxygène à 400°C dans un réacteur catalytique contenant du titane (K2).

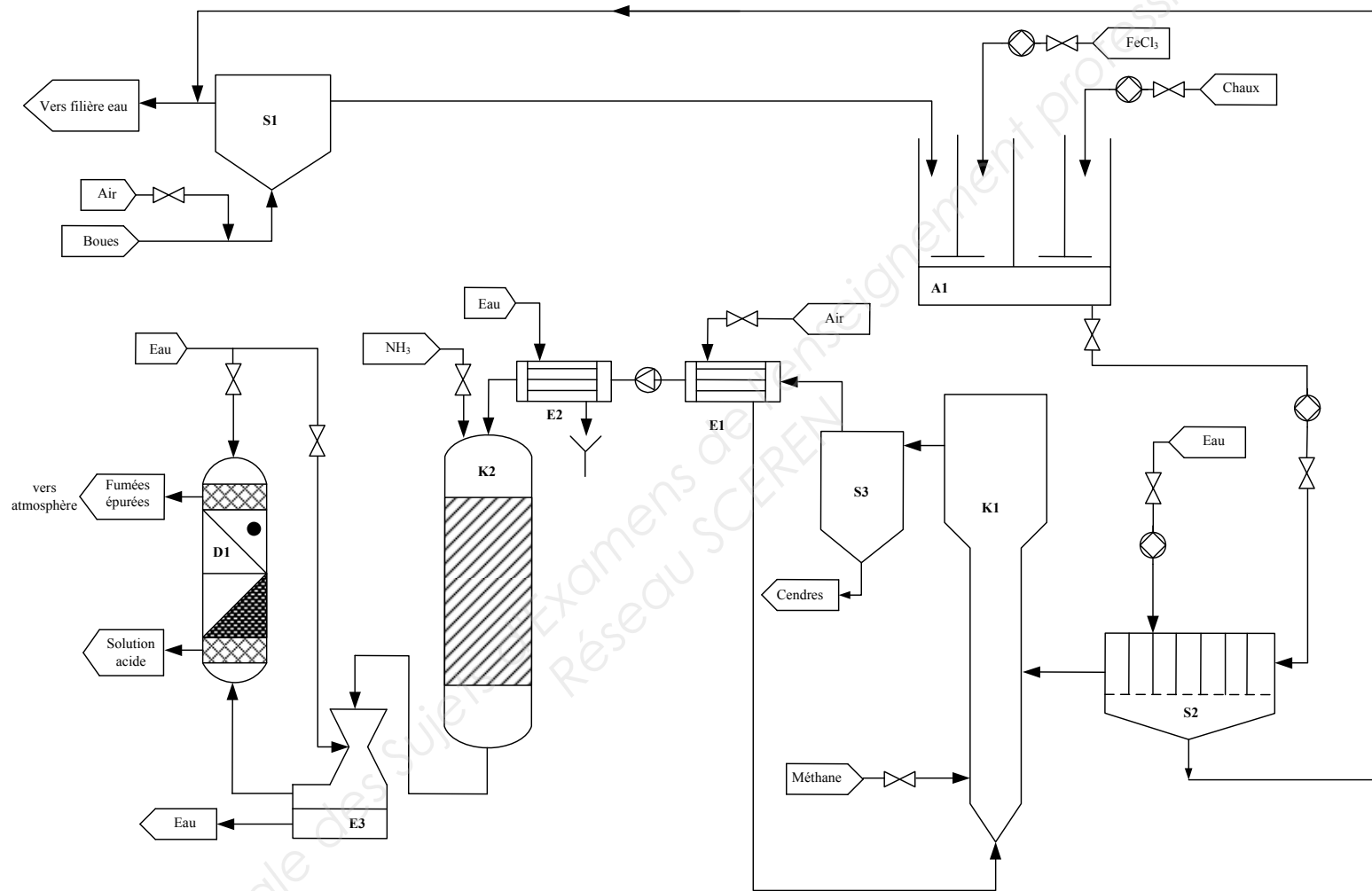
La réaction est caractérisée par l'équation suivante :



Ce procédé est considéré comme le plus performant pour éliminer le monoxyde d'azote (NO). L'efficacité d'élimination du monoxyde d'azote est de l'ordre de 85 %.
Les réactifs et les produits sont sous forme gazeuse.

- ✓ Les gaz, encore chauds, envoyés dans un mélangeur de type venturi où ils subissent une trempée (E3). Cette opération est réalisée grâce à de l'eau à 20°C. Cette étape permet un refroidissement rapide des fumées jusqu'à une température de 30°C. Ce refroidissement favorise l'absorption des gaz acides (SO₂ et HCl).
- ✓ Une colonne d'absorption (D1), qui est la dernière étape du traitement des fumées, permet de retenir les gaz acides que sont SO₂ et HCl.
Le solvant utilisé est de l'eau entrant à 20°C. Cette opération permet de retenir ces polluants pour respecter les concentrations limites, fixées pour les émissions gazeuses : 50 mg/Nm³ pour SO₂ et 10 mg/Nm³ pour HCl.
En sortie de colonne on obtient une solution acide et un courant gazeux de fumées épurées.

SCHÉMA DE PROCÉDÉ



FORMULAIRE ET DONNÉES

Incinérateur à lit fluidisé – Bilan thermique

Formule de calcul d'une enthalpie de réaction :

$$\Delta H_r = \sum u_i^{\text{produit}} \times H_i^{\circ \text{formation des produits}} - \sum u_i^{\text{réactif}} \times H_i^{\circ \text{formation des réactifs}}$$

Avec u_i : coefficients stœchiométriques des constituants
 H_i° : enthalpies de formation standard

Valeurs des enthalpies de formation standard :

$$\begin{aligned} H_f^{\circ}(\text{CH}_4) &= -74,8 \cdot 10^3 \text{ J/mol} \\ H_f^{\circ}(\text{H}_2\text{O}) &= -241 \cdot 10^3 \text{ J/mol} \\ H_f^{\circ}(\text{CO}_2) &= -393 \cdot 10^3 \text{ J/mol} \\ H_f^{\circ}(\text{O}_2) &= 0 \text{ J/mol} \end{aligned}$$

Bilan énergétique aux bornes du réacteur :

$$(\sum Q_n^{\text{entrée}} \times \Delta H^{\text{entrée}}) = (\sum Q_n^{\text{sortie}} \times \Delta H^{\text{sortie}}) + (Q_n^{\text{CH}_4} \times \Delta H_r) + (Q_m^{\text{MV}} \times \text{PC}) + \Phi_{\text{pertes}}$$

Avec Q_n : débit molaire (mol/h)
 Q_m : débit massique (kg/h)
 $\Delta H^{\text{entrée}}$ et ΔH^{sortie} : enthalpies des courants d'entrée ou de sortie (J/mol)
 ΔH_r : enthalpie de réaction de combustion du méthane (J/mol) (énergie libérée lors de la combustion d'une mole de méthane)
PC : pouvoir calorifique de combustion des matières volatiles (J/kg) (énergie libérée lors de la combustion d'un kilogramme de matières volatiles)

Traitement des fumées – Bilan matière

$$\text{Taux de conversion} = \frac{\text{débit molaire de réactif converti}}{\text{débit molaire de réactif introduit}}$$

Masses molaires :

$$\begin{aligned} M_N &= 14 \text{ g/mol} \\ M_O &= 16 \text{ g/mol} \end{aligned}$$

Loi des gaz parfait :

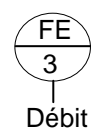
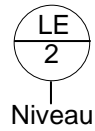
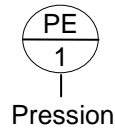
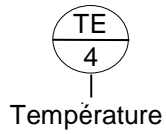
$$P \times Q_v = Q_n \times R \times T$$

Avec : P : pression en Pa
 Q_v : le débit volumique en m^3/h
 Q_n : le débit molaire en mol/h
R : la constante des gaz parfaits = 8,314 J/(mol.K)
T : la température en Kelvin

CNTP : conditions normales de température et de pression : 273 K et $1,013 \cdot 10^5$ Pa

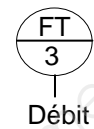
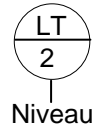
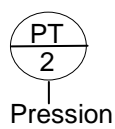
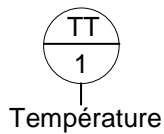
SYMBOLES DE RÉGULATION

Capteurs

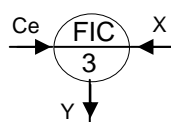
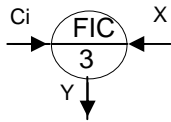


Remarque : le chiffre indique le numéro de la boucle dans une catégorie

Transmetteur



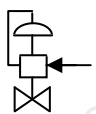
Régulateur



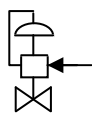
avec: X : la mesure
Y : le signal de commande du régulateur
Ci : la consigne interne
Ce : la consigne externe

Actionneur

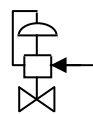
Niveau :



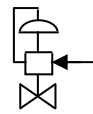
Débit :



Pression :



Température :



CLASSEMENT DES DÉCHETS

Classe 1	Classe 2	Classe 3
<p>Les déchets industriels spéciaux</p> <p>Les déchets à caractère toxique, les déchets de soins et assimilés à des risques infectieux, les cendres volantes...</p> <p>Ils doivent être stabilisés avant enfouissement.</p>	<p>Déchets ménagers et assimilés</p> <p>Les déchets produits par les ménages y compris les déchets dits "occasionnels" tels que les encombrants, les déchets verts et les déchets de bricolage.</p> <p>Ainsi que les déchets produits par les artisans, les commerçants et les activités diverses de service, collectés en mélange avec les déchets des ménages.</p>	<p>Les déchets inertes</p> <p>sont des déchets minéraux non souillés dont le caractère polluant et la nature évolutive est très faible.</p>

FICHE PRODUIT

Dioxyde soufre – SO₂



Danger

H314 : Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves

H331 : Toxique par inhalation

Synonyme : anhydride sulfureux, gaz sulfureux.

Propriétés physiques

Le dioxyde de soufre se présente sous la forme d'un gaz incolore, d'odeur piquante très irritante (détectable à partir de 3 ppm), plus lourd que l'air.

- masse molaire : 64,04 g/mol,
- point de liquéfaction : -10°C,
- point de solidification : -75°C,
- masse volumique du produit liquide : 1434 kg/m³,
- densité de la vapeur par rapport à l'air : 2,264 g/cm³,
- température critique : 157,12°C,
- pression critique : 7765kPa,
- tension de vapeur : 100 kPa (à -10°C).

Solubilité

Le dioxyde de soufre est soluble dans un grand nombre de composés : méthanol et éthanol, acides acétique et sulfurique, trichlorométhane et oxyde d'éthyle... Il est également soluble dans l'eau.

La solubilité augmente lorsque la température diminue.

Les solutions obtenues sont connues sous le nom d'acide sulfureux, elles sont corrosives.

Propriétés chimiques

A température ordinaire et en l'absence d'humidité, le dioxyde de soufre est un gaz relativement peu réactif et stable. Sa dissociation en soufre et trioxyde de soufre commence à des températures supérieures à 2000°C. La présence de certains catalyseurs abaisse les températures de réaction.

Le dioxyde de soufre se comporte comme oxydant et sulfurant.

Risques d'incendie

Le dioxyde de soufre est un produit ininflammable et inexplorable.

Stockage

Le dioxyde de soufre est généralement stocké dans des récipients en acier.

Toxicologie

Le dioxyde de soufre est un produit très irritant pour les yeux, la gorge et les voies respiratoires. par projections, le dioxyde de soufre liquide est responsable de brûlures cutanées et oculaires.

Utilisations :

- fabrication de l'acide sulfurique,
- agent de réduction (sucreries, tanneries, imprimeries...),
- agent antiseptique dans l'industrie alimentaire,
- raffinerie des pétroles...

FICHE PRODUIT

Acide chlorhydrique - HCl



Danger

H314 : Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves

H335 : Peut irriter les voies respiratoires

Synonyme : chlorure d'hydrogène.

Propriétés physiques

Le chlorure d'hydrogène est un gaz suffocant, à saveur acide, facilement liquéfiable. Il est habituellement utilisé sous forme de solutions aqueuses à diverses concentrations.

- masse molaire : 36,47 g/mol,
- point de fusion : -114,2°C,
- point d'ébullition : - 85°C (sous la pression atmosphérique),
- densité de la vapeur par rapport à l'air : 1,27 g/cm³,
- tension de vapeur : 2580 kPa (à 0°C).

Solubilité

Le chlorure d'hydrogène est soluble dans un grand nombre de solvants organiques et minéraux, notamment l'acide acétique: le méthanol et l'éthanol, l'acétone, le trichlorométhane et l'oxyde d'éthyle...

Il est également très soluble dans l'eau qui en dissout 500 fois son volume à 0°C. Cette dissolution s'accompagne d'un très grand dégagement de chaleur. Sa solubilité augmente lorsque la température diminue.

Propriétés chimiques

Le chlorure d'hydrogène est un composé très stable thermiquement, il ne se dissocie en hydrogène et en chlore qu'à température élevée. L'acide chlorhydrique résultant de la dissolution du chlorure d'hydrogène dans l'eau est un acide fort.

Il réagit vivement avec les oxydants et les bases.

Risques d'incendie

Le chlorure d'hydrogène est un produit ininflammable et inexposable. Toutefois, du fait de son action corrosive sur de nombreux métaux, en présence d'eau, action qui s'accompagne d'un dégagement d'hydrogène. Il peut être une source secondaire d'incendies et d'explosions.

Stockage

Le stockage peut s'effectuer dans des récipients en acier caoutchoutés ou en alliages et matières plastiques résistantes. Le verre est également utilisable pour de petites quantités.

Toxicologie

L'exposition, à de fortes concentrations, est responsable d'une irritation intense, puis de lésions caustiques des muqueuses oculaires et des voies respiratoires. Le chlorure d'hydrogène et ses solutions aqueuses sont caustiques pour la peau et les muqueuses.

Utilisations :

- fabrication d'engrais,
- industries pharmaceutique, alimentaire,
- industries des matières plastiques et des matières colorantes ...