

# Partie C

Domaine : traitement d'eau pour chaudière vapeur.

Remarque :

- travail sur copie,
- les questions ne sont pas indépendantes.

Un site industriel nécessite de l'eau pour une production de vapeur sous une pression effective de 10 bars.

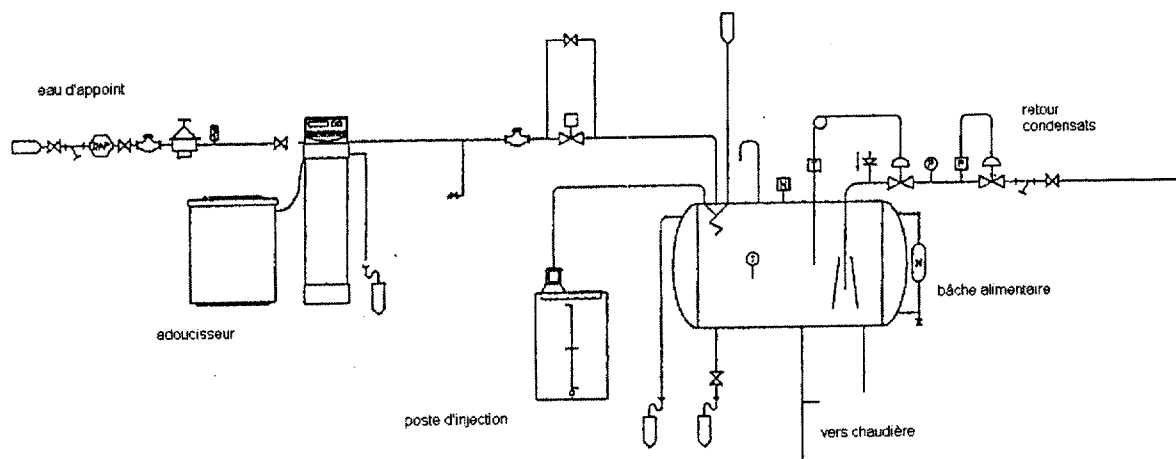
La production de vapeur est réalisée par une chaudière à tubes de fumées de capacité de production unitaire 7 t/h.

Le débit de production moyen (24h par jour, 7 jours par semaine) est de 5 t/h. La quantité de vapeur perdue est de 2 t/h.

La chaudière est alimentée à partir d'une bache alimentaire dont la température est de l'ordre de 80°C.

Une chaîne de traitement d'eau est installée en amont de la chaudière, et ses caractéristiques (matériel, réactifs, consommations) sont détaillées en annexe C.

Schéma simplifié



BTS Fluides Energies Environnements - Toutes Académies		Options : A
Session 2006	Durée : 4 heures	Coeff. : 4
Code : FEAEISI	Epreuve : E3 – Etude des Installations	Page 19 / 32

## Etude :

La présente étude est une vérification de la compatibilité des valeurs des consommables et des réglages avec le choix du matériel de traitement et les caractéristiques du site (eau, chaudière).

1 - A partir des données (annexe C) :

- consommation annuelle de sel,
- Nr niveau de régénération,
- caractéristiques des adoucisseurs,

déterminer le nombre annuel de régénérations de chacun des deux adoucisseurs.

2 - A partir des données :

- consommation annuelle d'eau (annexe C),
- résultats de la question 1,

déterminer

- le PEG journalier réellement atteint,
- le volume d'eau horaire moyen (débit d'appoint) passant dans le poste d'adoucissement.

3 - A partir des données :

- caractéristiques de la chaudière et exigences du fabricant (annexe C),
- caractéristiques de l'eau sur le site (annexe C),
- résultats de la question 2,

déterminer pour la chaudière

- le taux de concentration,
- le débit de purge ou déconcentration,

et justifier le choix du taux de concentration adopté.

Remarque :

- pour cette vérification, le calcul du TAC est nécessaire,
- le taux de concentration à mettre en œuvre est le C<sub>mini</sub> parmi les C calculés.

4 - A partir des données :

- caractéristiques du poste de conditionnement (annexe C),
- fiches produit (CETAL) (annexe C),
- résultats des questions précédentes,

vérifier si

- le débit de la pompe doseuse est en adéquation avec la consommation annuelle de réactif,
- le dosage prescrit par le fabricant du réactif répond aux attentes de réduction totale de l'oxygène de l'eau d'appoint,
- l'excès de sulfite en chaudière est respecté,
- le taux de concentration adopté n'est pas modifié par les teneurs en sulfites, sulfates et phosphates.

BTS Fluides Energies Environnements - Toutes Académies		Options : A
Session 2006	Durée : 4 heures	Coeff. : 4
Code : FEAEISI	Epreuve : E3 – Etude des Installations	Page 20 / 32

# Partie C

# Annexe C

## Données relatives au site :

### Caractéristiques de l'eau brute du site ( balance ionique < 1%) :

Paramètre	Valeur	Unité
Température	15	°C
pH	8.5	
Concentration en sels dissous	400	mg/l
CO2 libre	1.079	meq/l
Calcium	4.05	meq/l
Magnésium	0.55	meq/l
Sodium	0.5	meq/l
Potassium	0.1	meq/l
Chlorure	0.82	meq/l
Sulfate	0.96	meq/l
SAF	10	°F
Silice	12	mg/l
Oxygène dissous	17	mg/l

### Caractéristiques de la chaîne de traitement (matériel, réactifs, consommations) :

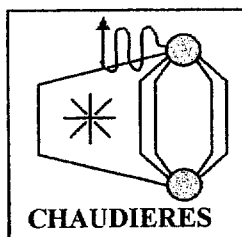
- un poste d'adoucissement total constitué de 2 adoucisseurs Permo 7200 fonctionnant en duplex alternance (régénération volumétrique).
  - o extrait catalogue constructeur :

Type		Permo 7200
Vr volume de résine	$I_r$	200
PEG standard	$^{\circ}F \cdot m^3$	1000
PEG maxi	$^{\circ}F \cdot m^3$	1200
M(NaCl) standard / régénération	$kg_{(NaCl)}$	25
M(NaCl) maxi/ régénération	$kg_{(NaCl)}$	36
Consommation d'eau/ régénération	l	1400

- o le niveau de régénération  $N_r$  est fixé à  $150 g_{NaCl}/l_r$
- o consommation de sel : 13.1 tonnes/an
- o consommation d'eau (pour la chaudière et la régénération du poste d'adoucissement) : 21300 m<sup>3</sup>/an

BTS Fluides Energies Environnements - Toutes Académies		Options : A
Session 2006	Durée : 4 heures	Coeff. : 4
Code : FEAEISI	Epreuve : E3 – Etude des Installations	Page 21 / 32

- un poste de conditionnement avec pompe doseuse réglée à 0.45 l<sub>s</sub>/h (l<sub>s</sub> = litre de solution)
  - o O<sub>2</sub> résiduel dans la bêche alimentaire : 5 mg/l,
  - o le produit injecté dans la bêche alimentaire est du CETAL PS 741 non dilué,
  - o composition : sulfite (200 g/kg<sub>s</sub>), phosphate, ...
  - o le fabricant de chaudières demande le maintien d'un excès de sulfite en chaudière à raison de 50 mg/l,
  - o consommation de réactif : 23 fûts de 210 kg/an,
  - o extrait catalogue fabricant :



## CETAL PS 741

### INHIBITEUR D'ENTARTRAGE ET DE CORROSION POUR GENERATEURS DE VAPEUR ET ANNEXES

Code Produit 7410

#### LES PROBLEMES

. L' entartrage, ou l'encrassement des surfaces d'échange et en conséquence :

- mauvaise circulation de l'eau,
- mauvais échanges thermiques,
- risque de surchauffes locales.

. La corrosion.

- En chaudière : d'origine galvanique (couple fer- cuivre, aération différentielle, piqûration, pH, etc...) ou chimique (transformation de la magnétite, réaction de SCHIKORR).

- En condensats : par l'oxygène et l'acidité carbonique libre. Ce dernier point affecte souvent les installations fournissant de la vapeur alimentaire.

. Le primage ou l'entraînement d'eau et de sels avec la vapeur et risque d'encrassement des surchauffeurs et des lignes de transfert de la vapeur.

#### FONCTIONS

CETAL PS 741 a été élaboré pour résoudre l'ensemble des problèmes posés par l'eau d'appoint des générateurs de vapeur de type alimentaire.

L'emploi de CETAL PS 741 permet de maintenir les caractéristiques souhaitables pour l'eau alimentaire et l'eau de chaudière.

CETAL PS 741 réduit l'oxygène dissous et doit être injecté directement en bêche alimentaire.

*Son emploi est conforme, aux doses d'emploi, à la norme F.D.A. concernant le traitement des générateurs fournissant de la vapeur de qualité alimentaire.*

#### AVANTAGES

. Liquide, facile d'emploi.

. Pas de dilution préalable.

. Injection proportionnelle aux appoints par système de dosage approprié.

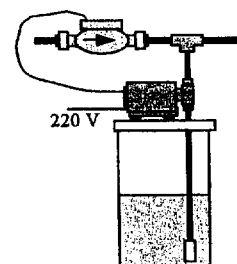
. Contrôle aisé du traitement.

. Améliore les échanges thermiques.

. Protège de la corrosion.

. Favorise la passivation des matériaux.

. Permet l'obtention d'une vapeur de qualité alimentaire.



#### CARACTERISTIQUES

Dosage	40 g/gO <sub>2</sub>
Densité	1.23
pH	7.3
Etiquette Sécurité	/ -
Etiquette Transport	/
Solubilité dans l'eau	100 %
Composition	phosphates, sulfites et polymères.
Aspect	liquide

BTS Fluides Energies Environnements - Toutes Académies		Options : A
Session 2006	Durée : 4 heures	Coeff. : 4
Code : FEAEISI	Epreuve : E3 – Etude des Installations	Page 22 / 32

**DOSAGE**

Le dosage est proportionnel aux appoints.

Il dépend également du taux de concentration de l'eau au sein du générateur de vapeur.

Ce taux de concentration "N" est normalement défini par le rapport du TAC admissible en chaudière sur celui de l'eau d'appoint.

Il sera toutefois limité par la teneur en silice dans certains cas.

BASE DU DOSAGE :

**40 grammes par gramme d'oxygène**

Par la suite, le dosage sera ajusté de façon à obtenir le PO4 et le SO3 souhaités en chaudière.

**CONDITIONNEMENT**

CETAL PS 741 est disponible en tonnelets plastique de 30 et 60 kg  
fûts plastique de 210 kg,  
emballages perdus.

Pour tout autre conditionnement, nous consulter.

**MANIPULATION**

Le produit pur est neutre.

Il convient cependant de prendre les précautions d'usage pour la manipulation des produits chimiques.

En cas de projection dans les yeux, laver abondamment à l'eau.

Laver à l'eau savonneuse les parties du corps souillées.

Consulter la FDS : fiche de données de sécurité.

**CONTROLES DU TRAITEMENT**

Les analyses d'eaux nécessaires au bon fonctionnement d'une installation et au contrôle du produit sont résumées dans le tableau ci-après :

	APPOINT	CHAUDIERE
pH	> 8	9,5 à 11,5
TH en °f	< 0.2	0
TA en °f	Oui	Oui
TAC en °f	Oui	< Maxi
Cl <sup>-</sup> SiO <sub>2</sub>	Si Besoin	
PO <sub>4</sub> Réducteur	Selon prescriptions constructeur	

**STOCKAGE**

Hors gel.

BTS Fluides Energies Environnements - Toutes Académies		Options : A
Session 2006	Durée : 4 heures	Coeff. : 4
Code : FEAEISI	Epreuve : E3 – Etude des Installations	Page 23 / 32

## Données générales :

### Caractéristiques de l'eau d'alimentation des chaudières vapeur à tubes de fumée :

Remarque : eau d'alimentation conditionnée (eau brute d'appoint épurée et retours des condensats).

Pression de service	< 10 bar	10 – 15 bar	15 – 25 bar
pH	> 8.5	> 8.5	> 8.5
TH [°F]	< 0.5	< 0.5	< 0.2
O <sub>2</sub>	Elimination physique de l'oxygène dissous par dégazage thermique et/ou utilisation de réactifs réducteurs ou inhibiteurs de corrosion		
Matières huileuses	absence		

### Caractéristiques de l'eau en chaudière vapeur à tubes de fumée :

Pression de service	< 10 bar	10 – 15 bar	15 – 25 bar
TAC [°F]	< 120	< 100	< 80
TA [°F]	0.7 TAC	0.7 TAC	0.7 TAC
SiO <sub>2</sub> [mg/l]	< 200	< 200	< 200
SiO <sub>2</sub> / TAC	< 2.5	< 2.5	< 2
Concentration en sels dissous [mg/l]	< 5000	< 4000	< 3000
Cl <sup>-</sup> [mg/l]	< 1000	< 800	< 600
Phosphates PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> [mg/l]	30 à 100	30 à 100	30 à 100
pH	10.5 à 12	10.5 à 12	10.5 à 12

### Débit d'appoint et débit de purge :

Le calcul du débit ou du volume de purge se fait sur la base d'un bilan massique des sels minéraux en chaudière, en supposant en première approximation qu'aucun sel n'est entraîné par primage.

Le débit de purge s'exprime alors par :

$$Q_p = \frac{1}{C-1} \cdot (Q_u - Q_r)$$

C exprime le taux de concentration, rapport de la salinité maximale tolérée en chaudière à la salinité de l'eau d'appoint :  $C = \frac{S_{\max}}{S}$ .

La salinité pouvant exprimer les diverses concentrations que l'on doit contrôler en chaudière : chlorures, TAC,... ou salinité totale.

BTS Fluides Energies Environnements - Toutes Académies		Options : A
Session 2006	Durée : 4 heures	Coeff. : 4
Code : FEAEISI	Epreuve : E3 – Etude des Installations	Page 24 / 32

On remarque que l'expression du débit de purge ne fait intervenir la puissance de la chaudière que dans le cas d'une consommation totale de la vapeur.

Par ailleurs le débit d'appoint peut être déterminé par :

$$Q_a = \frac{C}{C-1} \cdot (Q_u - Q_r) \text{ avec :}$$

avec :

- $Q_u - Q_r$  : débit d'eau perdue dans le circuit de la vapeur,
- $Q_a$  : débit d'eau d'appoint,
- $Q_p$  : débit de purge,
- $S$  : la salinité de l'eau,
- $S_{\max}$  : la salinité maximale tolérée dans le circuit.

Masse molaire (g/mol) de certaines espèces :

espèce	M	espèce	M
$\text{Ca}^{2+}$	40	$\text{HCO}_3^-$	61
$\text{Mg}^{2+}$	24.3	$\text{Cl}^-$	35.5
$\text{Na}^+$	23	$\text{NO}_3^-$	62
$\text{K}^+$	39	$\text{SO}_4^{2-}$	98
$\text{Na}_2\text{SO}_3$	126	$\text{PO}_4^{3-}$	95

Paramètres de l'eau utilisables :

$$\text{TAC} = [\text{OH}^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-]$$

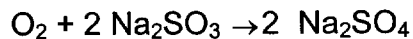
$$\text{TA} = [\text{OH}^-] + 1/2[\text{CO}_3^{2-}]$$

$$\text{TH} = [\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}]$$

$$\text{SAF} = [\text{Cl}^-] + [\text{NO}_3^-] + [\text{SO}_4^{2-}]$$

Réduction de l'oxygène par le sulfite de sodium :

L'oxygène réagit avec le sulfite de sodium pour donner du sulfate de sodium suivant la réaction :



Cette réaction est quasiment totale à partir de 100°C.

Le produit commercial est une solution de sulfite hydraté.

BTS Fluides Energies Environnements - Toutes Académies		Options : A
Session 2006	Durée : 4 heures	Coeff. : 4
Code : FEAEISI	Epreuve : E3 – Etude des Installations	Page 25 / 32

Paramètres de fonctionnement des adoucisseurs :

$$PEG = (TH_s - TH_e) \times V_e = PE \times V_r$$

$$M_{sel} = N_r \times V_r$$

avec :

- PEG pouvoir d'échange global de l'adoucisseur exprimé en °Fm<sup>3</sup>
- PE pouvoir d'échange d'un litre de résine exprimé en °Fm<sup>3</sup>/l<sub>r</sub>
- V<sub>r</sub> volume de résine de l'adoucisseur exprimé en l<sub>r</sub>
- N<sub>r</sub> niveau de régénération exprimé en g<sub>NaCl</sub>/l<sub>r</sub>
- M<sub>sel</sub> masse de sel consommé à chaque régénération exprimé en kg<sub>NaCl</sub>
- TH<sub>e</sub> degré hydrotimétrique en entrée de poste d'adoucissement exprimé en °F
- TH<sub>s</sub> degré hydrotimétrique en sortie de poste d'adoucissement exprimé en °F
- TH<sub>e</sub> degré hydrotimétrique en entrée de poste d'adoucissement exprimé en °F
- V<sub>e</sub> volume d'eau traversant le poste d'adoucissement exprimé en m<sup>3</sup>

BTS Fluides Energies Environnements - Toutes Académies		Options : A
Session 2006	Durée : 4 heures	Coeff. : 4
Code : FEAEISI	<b>Epreuve : E3 – Etude des Installations</b>	Page 26 / 32