

BTS FLUIDES – ÉNERGIES – ENVIRONNEMENTS

Fluidique – Énergétique – Environnements

Session 2007

Durée : 4 heures

Coefficient : 4

Matériel autorisé :

- Calculatrice conformément à la circulaire N°99-186 du 16/11/1999

Documents à rendre avec la copie :

- Document réponse 1 page 13 / 15
- Document réponse 2 page 14 / 15
- Document réponse 3 page 15 / 15

Le sujet comprend :

- Présentation et Questionnaire : pages 2/15 à 7/15
- Documents ressources : pages 8/15 à 12/15
- Documents réponses : pages 13/15 à 15/15

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Le sujet comporte 15 pages, numérotées de 1/15 à 15/15

BTS Fluides – Énergies – Environnement options A, B, C, D		Session 2007
U 2.1 Fluidique – Énergétique – Environnements		FEE2FLU
Coefficient : 4	Durée : 4 heures	Page : 1/15

ÉTUDE D'UNE INSTALLATION DE CONDITIONNEMENT D'AIR PERMETTANT LE SÉCHAGE DE DRAGÉES

Une société, leader mondial du bonbon, fabrique des dragées. Le procédé est simple mais nécessite toutefois une phase de séchage entre la conception du produit et son polissage. Jusqu'à présent, le bonbon une fois conçu était entreposé pendant deux jours pour ensuite être poli et emballé.

La société, afin d'améliorer la phase de séchage, a développé **un sécheur de dragées**.

Une centrale de traitement d'air permet d'obtenir les conditions nécessaires au séchage des dragées.

Un schéma de principe est donné en *page 8*.

La batterie froide de la centrale de traitement d'air est alimentée en eau glacée glycolée, produite par un groupe frigorifique dont le condenseur est refroidi par une tour de refroidissement ouverte.

L'étude proposée portera sur les parties suivantes :

parties	Thèmes	Durée conseillée (lecture du sujet : 20 mn)	Barème / 200
1	Dimensionnement de la centrale de traitement d'air	50 mn	45
2	Etude du circuit hydraulique de la batterie froide	50 mn	45
3	Etude du circuit de production d'eau glacée	30 mn	30
4	Traitement d'eau de refroidissement	40 mn	35
5	Etude acoustique	50 mn	45

Les **5** parties sont **indépendantes** les unes des autres.

BTS Fluides – Énergies – Environnement options A, B, C, D		Session 2007
U 2.1 Fluidique – Énergétique – Environnements		FEE2FLU
Coefficient : 4	Durée : 4 heures	Page : 2/15

Partie 1 : Dimensionnement de la centrale de traitement d'air

La centrale de traitement d'air est constituée des éléments de transfert thermiques suivants :

- Un récupérateur à plaques sur l'air extrait (inutilisé en été). Son efficacité est évaluée à 60% au débit nominal de fonctionnement.
- Une batterie froide dont la température moyenne de surface sera prise égale à $\theta_{ms} = 3^{\circ}\text{C}$.
- Une batterie électrique.

Le dimensionnement des éléments de la centrale s'effectue avec les hypothèses suivantes :

- Fonctionnement en tout air neuf.
- Conditions de l'air extérieur :
 - o Été : $\theta_E = 35^{\circ}\text{C}$ et $\text{HR}_E = 40\%$.
 - o Hiver : $\theta_E = -5^{\circ}\text{C}$ et $\text{HR}_E = 90\%$.
- Les charges subies par l'air du séchoir sont les suivantes :

SAISON	Charges totales kW	Charges hydriques g/s
ETE	66,2	9,9
HIVER	-11,1	9,9

- Les caractéristiques de l'air ambiant du séchoir à obtenir afin d'assurer le séchage des dragées, sont :
 - o Été : $\theta_A = 22^{\circ}\text{C}$ et $\text{HR}_A = 50\%$.
 - o Hiver : $\theta_A = 22^{\circ}\text{C}$ et HR_A non contrôlée (dérive à 22%).
- Le débit volumique soufflé est constant car imposé par le ventilateur.

Étude été

L'écart de température au soufflage en été est de 6°C .

- 1-1** Donner les caractéristiques du point de soufflage et calculer le débit volumique soufflé.
- 1-2** En décrivant brièvement votre démarche, tracer les différentes évolutions de l'air sur le diagramme psychrométrique et placer les différents points caractéristiques. (page 13/15)

Étude hiver

On fera l'hypothèse d'un échange purement sensible dans le récupérateur à plaques.

- 1-3** Donner les caractéristiques du point de soufflage.
- 1-4** En décrivant brièvement votre démarche, tracer les différentes évolutions de l'air sur le diagramme psychrométrique et placer les différents points caractéristiques. (page 14/15)

Caractéristiques des équipements

- 1-5** Dédurre de l'étude les caractéristiques principales de la batterie froide (puissance, efficacité) et de la batterie électrique (puissance).

BTS Fluides – Énergies – Environnement options A, B, C, D		Session 2007
U 2.1 Fluidique – Énergétique – Environnements		FEE2FLU
Coefficient : 4	Durée : 4 heures	Page : 3/15

Partie 2 : Étude du circuit hydraulique de la batterie froide

La puissance nécessaire de la batterie froide est de 300 kW.

Fluide utilisé : Eau glycolée à 30%.

Régime de température : 1°C / 5°C.

La distribution de l'eau glycolée est assurée par un circulateur double.

La perte de charge de la batterie froide est de 80 kPa au débit nominal de fonctionnement.

Les pertes de charge des canalisations situées entre la vanne trois voies et la batterie sont négligeables.

2-1 Calculer le débit d'eau glycolée en m³/h.

2-2 Déterminer le diamètre du tube acier à utiliser si on veut limiter la vitesse à 1,3 m/s.

2-3 Calculer la perte de charge linéique de la canalisation en Pa/m.

2-4 En précisant votre démarche, déterminer le Kvs de la vanne trois voies afin que le débit de la batterie soit correctement réglé.

Une fois le circuit monté, on procède au réglage hydraulique afin d'obtenir le débit souhaité à l'aide d'une vanne de réglage. Lorsqu'elle est totalement ouverte, on mesure la pression différentielle aux bornes de la pompe de 3,2 bar.

2-5 En déduire le débit traversant le circuit. (*page 15/15*)
Tracer la courbe de réseau.

Les 2 circulateurs montés en parallèle fonctionnent alternativement, l'un prenant la relève de l'autre en cas de défaillance.

Quel débit obtiendrait-on si les 2 circulateurs fonctionnaient en même temps ? Qu'en pensez-vous ?

Evaluer la perte de charge à créer par la vanne de réglage pour obtenir le débit souhaité en fonctionnement normal (un seul circulateur).

(On admettra que les pertes de charge de la vanne totalement ouverte sont négligeables.)

BTS Fluides – Énergies – Environnement options A, B, C, D		Session 2007
U 2.1 Fluidique – Énergétique – Environnements		FEE2FLU
Coefficient : 4	Durée : 4 heures	Page : 4/15

Partie 3 : Étude du circuit de production d'eau glacée

Le groupe frigorifique retenu fonctionne au R134a. Ses caractéristiques aux conditions nominales de fonctionnement sont les suivantes :

- $P_{\text{évaporateur}} = 360 \text{ kW}$ (eau glycolée à 30% au régime 5/1).
- $P_{\text{condenseur}} = 450 \text{ kW}$ (eau non glycolée au régime 40/35).
- $P_{\text{compresseur}} = 110 \text{ kW}$ ($\cos\phi = 0,8$).

On rappelle que les besoins nominaux du *process* sont de 300 kW.

- 3-1** En calculant l'intensité nominale appelée, montrer l'intérêt d'une alimentation triphasée (400 V) par rapport à une alimentation monophasée (240 V).
- 3-2** Par défaut, le compresseur est protégé par un anti court-cycle de 6 mn.
Dimensionner le ballon tampon permettant d'assurer la continuité du traitement d'air.
On précise que l'installation contient environ 800 litres d'eau.
- 3-3** Réaliser le schéma fonctionnel de régulation permettant de contrôler la marche du groupe.
Proposer un graphe séquentiel (paramétré) de fonctionnement.

BTS Fluides – Énergies – Environnement options A, B, C, D		Session 2007
U 2.1 Fluidique – Énergétique – Environnements		FEE2FLU
Coefficient : 4	Durée : 4 heures	Page : 5/15

Partie 4 : Traitement d'eau de refroidissement

On rappelle que le condenseur produit 450 kW aux conditions nominales de fonctionnement (eau non glycolée au régime 40/35).

La tour de refroidissement sélectionnée permet d'évacuer 500 kW (régime 40/35) à une température humide de l'air de 23°C (conditions extrêmes ETE).

Le *process* est censé fonctionner en continu vingt quatre heures sur vingt quatre.

Titre hydrotimétrique de l'eau brute : 30°f.

4-1 Calculer le débit volumique nécessaire pour évacuer la chaleur à la tour de refroidissement en m³/h.

4-2 L'eau d'appoint du circuit de refroidissement subit deux traitements :

- *injection de peroxyde d'oxygène H₂O₂ (ou eau oxygénée),*
- *adoucissement total par adoucisseur à permutation sodique.*

Quelles sont les actions sur l'eau de ces deux traitements ?

Dans quels buts sont-ils effectués ?

4-3 Sachant que la consommation d'eau à la tour (évaporation, déconcentration) est évaluée à 1,5 m³/MWh, calculer la quantité maximale d'eau d'appoint à introduire chaque jour.

4-4 Le système d'adoucissement est composé de deux bouteilles de résines fonctionnant en alternance CILLIT Reflex B 150-12.

A l'aide de la documentation technique *page 11/15*, déterminer :

- la fréquence de régénération à indiquer au programmeur de l'adoucisseur,
- la fréquence de remplissage de la réserve de sel.

BTS Fluides – Énergies – Environnement options A, B, C, D		Session 2007
U 2.1 Fluidique – Énergétique – Environnements		FEE2FLU
Coefficient : 4	Durée : 4 heures	Page : 6/15

Partie 5 : Étude acoustique

Le réseau d'extraction débouche sur le toit de l'usine à approximativement 0,5 m au dessus de la terrasse (voir schéma *page 12/15*).

Le constructeur donne les niveaux de puissance rayonnée au refoulement du ventilateur par bande d'octave L_w :

f_m Hz	63	125	250	500	1000	2000
L_w dB	78,0	79,0	80,0	75,0	70,0	65,0

L'atténuation de puissance acoustique du réseau d'extraction par bande d'octave est la suivante :

f_m Hz	63	125	250	500	1000	2000
$\Delta L_{\text{Réseau}}$ dB	10,5	5,9	2,9	4,5	7,3	8,3

Le niveau de puissance générée par la bouche d'extraction est négligeable.

La bouche d'extraction est considérée comme une source de bruit ponctuelle S de directivité Q égale à 2 à chaque bande d'octave, située à 14 m de la façade de l'immeuble (caractérisée par le point P sur le schéma).

5-1 Calculer le niveau de pression global en dBA au niveau du point P.

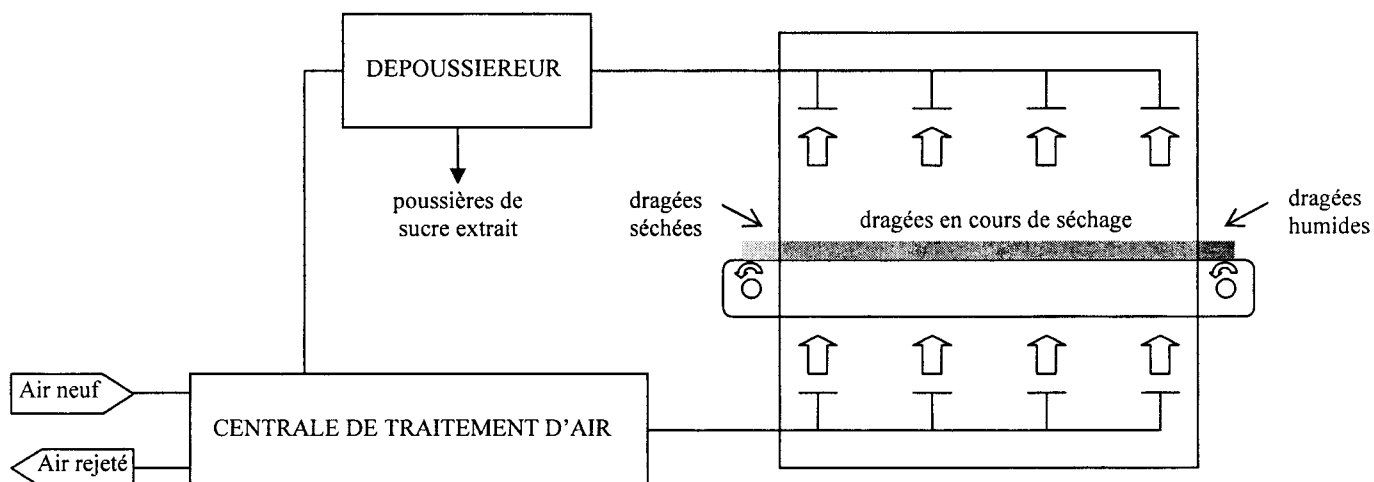
5-2 On souhaite ramener le niveau de bruit sous 30 dBA à l'aide d'un écran acoustique vertical de 1,6 mètre de haut et situé à 1 mètre de distance de S.

Relever l'atténuation de pression acoustique par bande d'octave due à l'écran dans la configuration proposée.

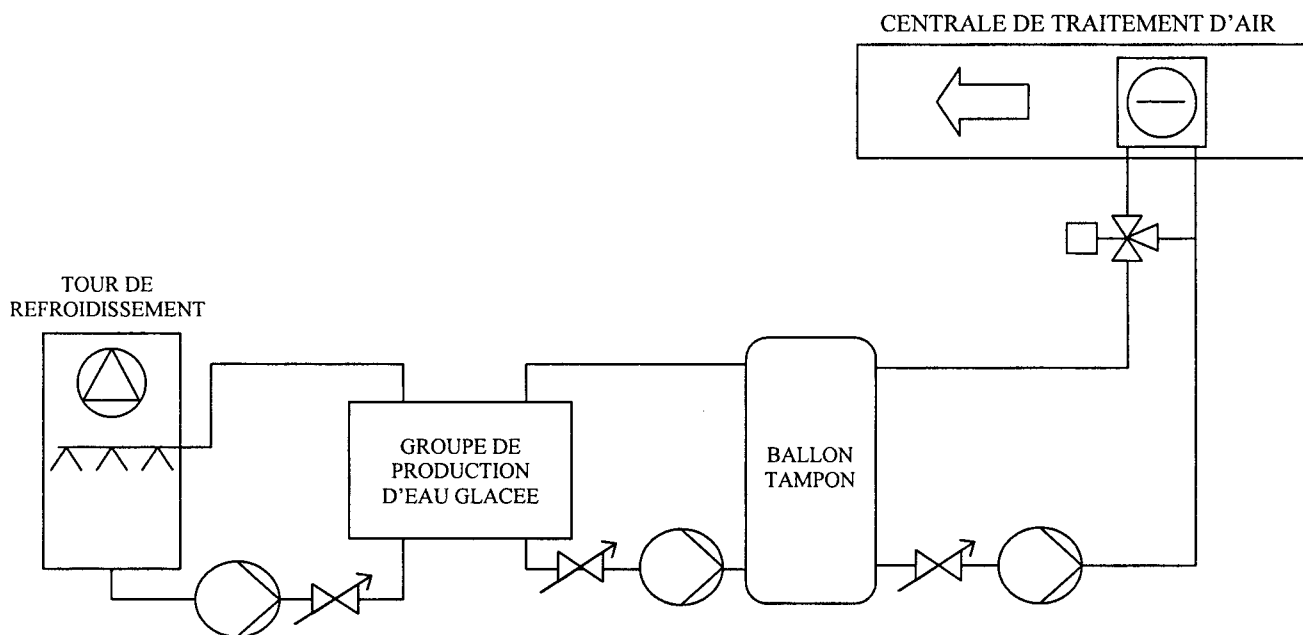
5-3 En déduire le niveau de bruit global en dBA au niveau du point P.

DOCUMENTS RESSOURCES

- Schéma de principe du système global :



- Schéma de principe du système de production d'eau glacée :



BTS Fluides – Énergies – Environnement options A, B, C, D		Session 2007
U 2.1 Fluidique – Énergétique – Environnements		FEE2FLU
Coefficient : 4	Durée : 4 heures	Page : 8/15

THERMIQUE

- Efficacité $E = \frac{P}{P_{max}}$ avec $P_{max} = (q_m C)_{min} (T_{CE} - T_{FE})$

MÉCANIQUE DES FLUIDES

- Caractéristiques de l'eau glycolée :

Température	Chaleur massique	Viscosité dynamique	Masse volumique
θ [°C]	C_p [kJ/kg°C]	μ [kg/m.s]	ρ [kg/m³]
-10	3,85	$12,80 \cdot 10^{-3}$	1035,00
0		$7,70 \cdot 10^{-3}$	
10		$4,90 \cdot 10^{-3}$	

- Caractéristiques de l'eau :

Température	Chaleur massique	Viscosité dynamique	Masse volumique
θ [°C]	C_p [kJ/kg°C]	μ [kg/m.s]	ρ [kg/m³]
20	4,18	$1,00 \cdot 10^{-3}$	1000,00
30		$0,80 \cdot 10^{-3}$	
40		$0,65 \cdot 10^{-3}$	

- Diamètres normalisés des tubes acier ($D_{ext} \times e$) :

114,3x3,6	133x4,0	139,7x4	159,0x4,5	168,3x4,5	193,7x5,4
-----------	---------	---------	-----------	-----------	-----------

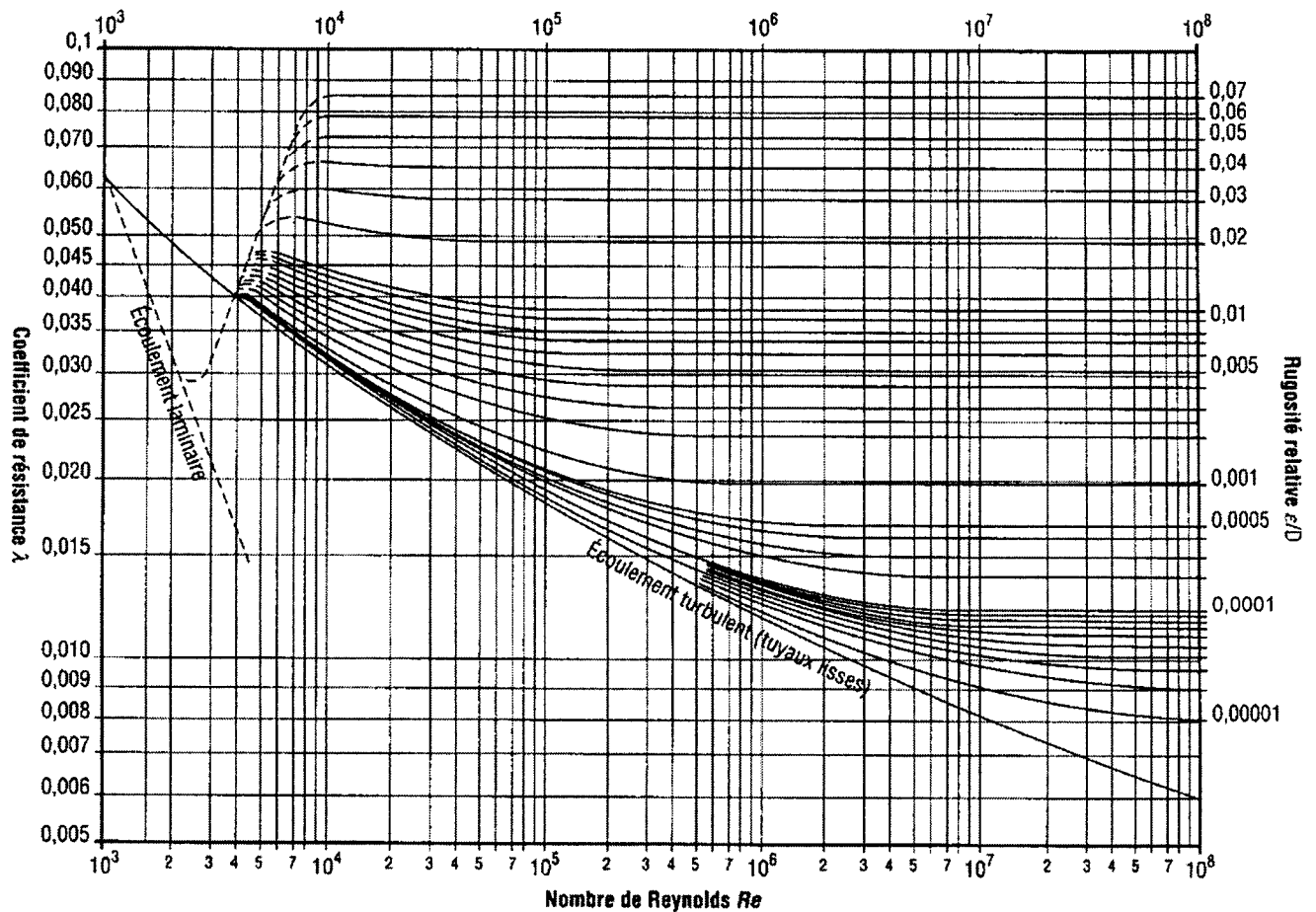
Rugosité : $\varepsilon = 0,05$ mm.

- Nombre de REYNOLDS : $Re = \frac{\rho \cdot U \cdot D_h}{\mu}$ où
 ρ : masse volumique [kg/m³]
 U : vitesse [m/s]
 μ : viscosité dynamique [kg/m.s]
 D_h : diamètre hydraulique [m]

- Perte de charge linéique : $j[\text{Pa/m}] = \frac{\lambda}{D_h} \cdot p_{dyn}$ où
 λ : coefficient de résistance
 D_h : diamètre hydraulique [m]
 $p_{dyn}[\text{Pa}] = \frac{1}{2} \rho U^2$

BTS Fluides – Énergies – Environnement options A, B, C, D		Session 2007
U 2.1 Fluidique – Énergétique – Environnements		FEE2FLU
Coefficient : 4	Durée : 4 heures	Page : 9/15

- *Abaque universel :*



- *Coefficient de vanne (avec q_v en $[m^3/h]$ et J_{vanne} en $[bar]$) :*

$$K_v = \frac{q_v}{\sqrt{J_{vanne}}} \text{ (dans le cas de l'eau)}$$

$$K_v = \frac{q}{\sqrt{\frac{\rho_{eau}}{\rho_{fluide}} J_{vanne}}} \text{ (dans le cas d'un autre fluide)}$$

- *Autorité d'une vanne de régulation : $a = \frac{J_{vanne}}{J_{vanne} + J_{réseau \text{ débit variable}}}$
L'autorité sera considérée satisfaisante au delà de 50%.*

TRAITEMENT D'EAU

- *La capacité d'échange C d'un adoucisseur définit le nombre total de $°f$ qu'il peut éliminer entre 2 régénérations :*

$$C[°f.m^3] = \Delta TH[°f] \times V[m^3] \quad \text{où} \quad \Delta TH \text{ est la réduction de dureté souhaitée}$$

V est le volume d'eau traitable

BTS Fluides – Énergies – Environnement options A, B, C, D		Session 2007
U 2.1 Fluidique – Énergétique – Environnements		FEE2FLU
Coefficient : 4	Durée : 4 heures	Page : 10/15

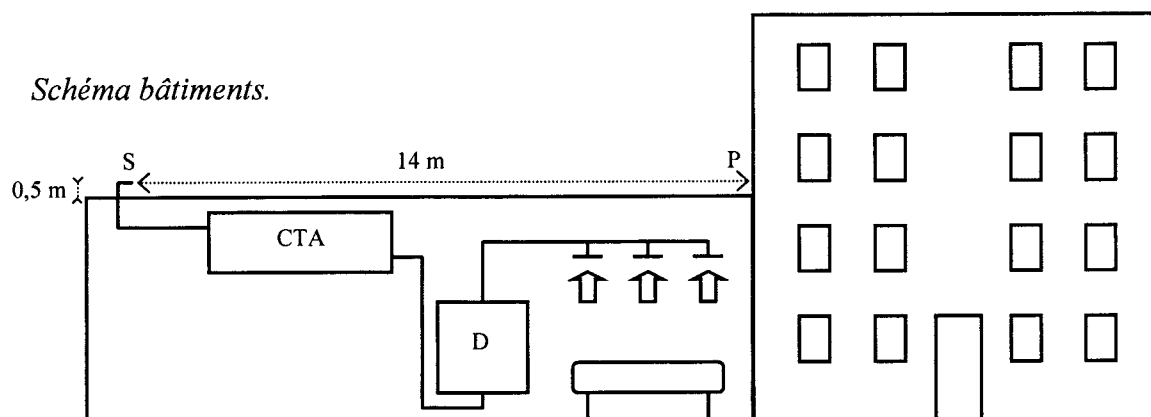
- Le taux de travail T est la capacité d'échange d'un adoucisseur ramenée au litre de résine.
- La quantité de sel utilisée durant la régénération pour recharger les résines varie avec le taux de travail :
 - $T = 4$ nécessite 80g de sel par litre de résine
 - $T = 5$ " 125g "
 - $T = 6$ " 180g "
 - $T = 6,5$ " 225g "
 - $T = 7$ " 280g "
- Gamme d'adoucisseurs CILLIT.

Dénomination	Diamètre de raccordement	Débit Instantané* (m3/h)	Capacité d'échange (°m3)	Contenance en résine (l)	Réserve de sel (kg)
Cillit Reflex A 32-5	1 1/2"	4,9	325	50	60
Cillit Reflex A 50-7	1 1/2"	6,7	490	75	90
Cillit Reflex A 80-8	1 1/2"	7,9	815	125	150
Cillit Reflex A 115-11	1 1/2"	10,5	1 140	175	210
Cillit Reflex A 160-12	1 1/2"	11,7	1 625	250	300
Cillit Reflex B 100-9	2"	9,3	975	150	180
Cillit Reflex B 150-12	2"	12,4	1 465	225	270
Cillit Reflex B 180-13	2"	13,0	1 790	275	330
Cillit Reflex B 210-15	2"	15,0	2 115	325	390
Cillit Reflex B 280-18	2"	17,5	2 765	425	510
Cillit Reflex B 360-20	2"	19,6	3 575	550	660
Cillit Reflex B 460-21	2"	20,4	4 550	700	840
Cillit Reflex B 550-22	2"	21,9	5 530	850	1 020
Cillit Reflex C 180-17	2 1/2"	17,1	1 790	275	330
Cillit Reflex C 210-18	2 1/2"	17,9	2 115	325	390
Cillit Reflex C 280-20	2 1/2"	19,8	2 765	425	510
Cillit Reflex C 360-21	2 1/2"	21,3	3 575	550	660
Cillit Reflex C 460-22	2 1/2"	21,8	4 550	700	840
Cillit Reflex C 550-23	2 1/2"	22,7	5 530	850	1 020
Cillit Reflex D 180-17	3"	17,1	1 790	275	330
Cillit Reflex D 210-18	3"	17,9	2 115	325	390
Cillit Reflex D 280-20	3"	19,8	2 765	425	510
Cillit Reflex D 360-21	3"	21,3	3 575	550	660
Cillit Reflex D 460-22	3"	21,8	4 550	700	840
Cillit Reflex D 550-23	3"	22,7	5 530	850	1 020

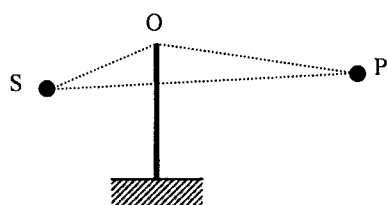
* Pour une perte de charge de 10m de C.E.

ACOUSTIQUE

- Schéma bâtiments.



- Amortissement dû à un écran.



S = Source

P = Récepteur

Le récepteur voit la source : $\delta (<0) = SP - SO - OP$

Le récepteur ne voit pas la source : $\delta (>0) = SO + OP - SP$

L'amortissement $\Delta L_{\text{écran}}$ [dB] est donné en fonction de δ dans le tableau suivant. On a :

$$L_p \text{ avec écran} = L_p \text{ sans écran} - \Delta L_{\text{écran}}$$

δ [m]	Amortissement $\Delta L_{\text{écran}}$ [dB] en fonction de la fréquence [Hz]					
	63	125	250	500	1000	2000
- 0,3	2	1	0	0	0	0
- 0,2	2	1	0	0	0	0
- 0,1	4	2	1	0	0	0
- 0,05	4	4	2	1	1	0
0	5	5	5	5	5	5
0,05	6	6	7	8	10	11
0,1	6	7	8	10	11	14
0,2	7	8	10	11	14	17
0,3	8	9	10	13	16	19
0,4	8	10	11	14	17	20
0,5	9	10	12	15	18	21
0,8	10	11	13	17	19	23
1	10	12	15	18	21	24
1,5	11	14	17	20	23	25
2	12	15	18	21	24	27

- Pondération A

f_m [Hz]	63	125	250	500	1000	2000
valeur [dB]	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	+1,2

- Propagation du bruit en champ libre : $L_p = L_w + 10 \log \left(\frac{Q}{4\pi R^2} \right)$

- Composition de plusieurs niveaux acoustiques : $L_p \text{ résultant} = 10 \log \left(\sum_i 10^{\frac{L_{p_i}}{10}} \right)$

BTS Fluides – Énergies – Environnement options A, B, C, D		Session 2007
U 2.1 Fluidique – Énergétique – Environnements		FEE2FLU
Coefficient : 4	Durée : 4 heures	Page : 12/15