



SERVICES CULTURE ÉDITIONS
RESSOURCES POUR
L'ÉDUCATION NATIONALE

**Ce document a été numérisé par le CRDP de Bordeaux pour la
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.**

Campagne 2012

BTS FLUIDES – ÉNERGIES – ENVIRONNEMENTS

FLUIDIQUE – ÉNERGÉTIQUE - ENVIRONNEMENT

SESSION 2012

Durée : 4 heures
Coefficient : 4

Matériel autorisé :

- Toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (circulaire N°99-186,16/11/1999).
- Tout autre matériel est interdit.

Documents à rendre avec la copie :

Document-réponse n°1.....	page 13/17
Document-réponse n°2.....	page 14/17
Document-réponse n°3.....	page 15/17
Document-réponse n°4.....	page 16/17
Document-réponse n°5.....	page 17/17

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet comporte 17 pages, numérotées de 1/17 à 17/17.

BTS FLUIDES ENERGIES ENVIRONNEMENTS – U.21		Session 2012
Fluidique – Energétique - Environnement	Code : FEE2FLU	Page : 1/17

Consignes générales :

- Aucun document personnel n'est autorisé.
- L'usage des calculatrices autonomes conformes à la circulaire n°99-186 du 16-11-99 est autorisé.
- Chaque partie sera rédigée sur de feuilles séparées.
- Le document rendu sera numéroté de 1/n à n/n, n étant le nombre total de feuilles rendues, y compris les documents réponses à compléter.
- Il est rappelé que la présentation, la lisibilité, la rédaction des copies sont des éléments de l'évaluation du travail fourni par le candidat.
- Toutes les réponses devront être justifiées à l'aide d'une explication, d'une référence documentaire, d'une note de calcul, ...

Temps de travail estimatif par partie et barème :

- | | | |
|--------------------|-------|-----------|
| - lecture du sujet | 15 mn | |
| - Partie I : | 45 mn | 16 points |
| - Partie II : | 75 mn | 26 points |
| - Partie III : | 60 mn | 22 points |
| - Partie IV : | 45 mn | 16 points |

Documents mis à la disposition du candidat :

- | | |
|--|---------------------|
| ▪ Sujet | pages 1/17 à 8/17 |
| ▪ Formulaire | pages 9/17 à 10/17 |
| ▪ Annexes 1 et 2 | pages 11/17 à 12/17 |
| ▪ Documents à rendre avec la copie | pages 13/17 à 17/17 |
| ○ Document réponse N°1 : analyse d'eau | page 13/17 |
| ○ Document réponse N°2 : acoustique | page 14/17 |
| ○ Document réponse N°3 : production de froid | page 15/17 |
| ○ Document réponse N°4 : production de froid | page 16/17 |
| ○ Document réponse N°5 : traitement d'air | page 17/17 |

Description sommaire de l'étude

Une commune de l'Est de la France prévoit la reconversion d'un bâtiment existant en centre culturel. Il est donc nécessaire de vérifier les performances des installations existantes de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire ainsi que de production de froid et de traitement de l'air pour envisager leur réhabilitation.

Le travail demandé consiste en l'étude de certaines parties des équipements dans l'objectif de vérifier les performances énergétiques de ces installations.

L'étude portera essentiellement sur :

- les pertes de chaleur du ballon de production d'eau chaude sanitaire,
- le bilan énergétique complet du ballon de production d'eau chaude sanitaire,
- le traitement de l'eau chaude sanitaire,
- la production de froid et le traitement d'air de la salle d'étude,
- l'acoustique de la salle d'études.

BTS FLUIDES ENERGIES ENVIRONNEMENTS – U.21		Session 2012
Fluidique – Énergétique - Environnement	Code : FEE2FLU	Page : 2/17

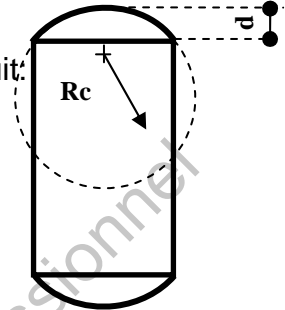
PARTIE I : ÉTUDE DES TRANSFERTS DE CHALEUR SUR LE BALLON ECS

L'objectif de cette étude consiste à établir le bilan énergétique du ballon d'eau chaude sanitaire en l'ABSENCE DE SOUTIRAGE pour vérification des pertes thermiques données par le constructeur.

Données extraites du cahier des charges :

Le ballon d'eau chaude sanitaire étudié sera modélisé comme suit.

- un réservoir cylindrique vertical de diamètre intérieur 73 [cm] et de hauteur 1669 [mm].
- à ses deux extrémités, deux calottes sphériques de hauteur d et de rayon $R_c = 62$ [cm].



Ce ballon est réalisé avec les matériaux suivants :

- une cuve de 3 [mm] d'épaisseur en tôle d'acier galvanisé $\lambda = 50$ [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$],
- un calorifuge en mousse de polyuréthane d'épaisseur 3 [cm], $\lambda = 0,035$ [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$], est injecté entre la cuve et la jaquette.
- une jaquette en tôle d'aluminium de 0,5[mm] d'épaisseur et $\lambda = 200$ [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$].

Ce ballon est rempli d'eau à la température de 60[°C] supposée uniforme, on néglige l'influence de la stratification des températures.

La température du local où est installé le ballon est de 18[°C].

Les pertes thermiques du ballon dans ces conditions, données par le constructeur, sont de 200[W].

Travail demandé

- 1 - Calculer la résistance thermique due à la mousse de polyuréthane.
- 2 - Calculer la résistance thermique due à la tôle d'acier galvanisé.
- 3 - Comparer ces deux valeurs, dans ces conditions d'utilisation, déduire les fonctions respectives de ces matériaux.
- 4 - Citer, en régime permanent établi, les différents modes de transferts de chaleur existants entre l'eau contenue dans le ballon et le local.
- 5 - Déduire l'équation du bilan énergétique entre l'eau et le local.
- 6 - Le ballon est considéré comme un cylindre vertical. Les caractéristiques de l'eau seront prises pour une température de 60[°C]. On peut envisager un faible écart de température $\Delta T = 0,2$ [K] entre l'eau et la surface de la cuve.

Déterminer le coefficient d'échange par convection entre l'eau et la cuve en tôle d'acier.

[formulaire page 9/17 à 10/17 et annexe 2 page 12/17]

- 7 - Calculer le flux échangé par convection entre l'eau et la cuve en tôle d'acier (le ballon est constitué d'un cylindre et de deux calottes). Conclure.

On donne la surface d'une calotte $S = 2\pi R_c d$ avec $d = R_c - \sqrt{R_c^2 - R^2}$

R_c : Rayon calotte

R : Rayon cylindre

BTS FLUIDES ENERGIES ENVIRONNEMENTS – U.21		Session 2012
Fluidique – Energétique - Environnement	Code : FEE2FLU	Page : 3/17

PARTIE II : PRODUCTION ET TRAITEMENT DE L'EAU CHAUDE SANITAIRE

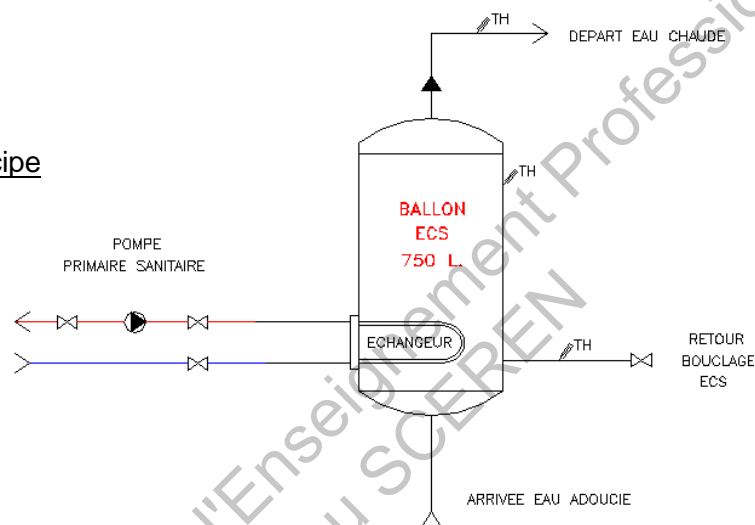
Remarque : les parties II-1 et II-2 sont indépendantes.

II-1- PRODUCTION DE L'EAU CHAUDE SANITAIRE

Le système de production d'ECS de ce bâtiment est de type mixte. Il comprend un échangeur de chaleur interne et un ballon tampon et un bouclage. L'eau froide est adoucie avant d'être réchauffée.

L'objectif de cette partie est de réaliser un bilan énergétique sur le ballon de stockage et de mettre en évidence les états de fonctionnement de la pompe primaire en fonction du temps afin de vérifier que la pompe ne subit pas de courts cycles.

Schéma de principe



Données extraites du cahier des charges :

- Volume ballon = 750 [litres].
- Puissance de l'échangeur = 60 [kW].
- Pertes thermiques du ballon et du bouclage : 2 [kW].
- La pompe de l'échangeur se met en marche à 60[°C] et s'arrête à 65 [°C].
- Débit moyen de puisage supposé constant : 0.2 [$l \cdot s^{-1}$].
- Température de l'eau adoucie à l'entrée du ballon : 10 [°C].
- on néglige l'influence de la stratification des températures.
- Pour simplifier les calculs, les caractéristiques de l'eau seront prises pour une température moyenne [annexe 2 page 12/17].
- Temps de cycle de fonctionnement de la pompe souhaité supérieur à 5 minutes.

Travail demandé

Situation 1 :

- la température de l'eau est à 65 [°C].
- La pompe de l'échangeur est donc à l'arrêt.
- Le puisage de 0.2 [l/s] commence.
- Les pertes thermiques seront supposées constantes.

- 1 - À l'aide d'un schéma, indiquer par des flèches les énergies entrantes et sortantes du ballon de stockage.
- 2 - Donner l'expression littérale de chacune de ces énergies.

BTS FLUIDES ENERGIES ENVIRONNEMENTS – U.21		Session 2012
Fluidique – Energétique - Environnement	Code : FEE2FLU	Page : 4/17

- 3 - Réaliser un bilan énergétique sur le ballon de stockage.
- 4 - Calculer le temps au bout duquel la pompe de l'échangeur se met en marche.

Situation 2 :

- la température de l'eau est à 60 [°C].
- La pompe de l'échangeur est donc en marche.
- Le puisage de 0.2 [l.s⁻¹] continue.
- Les pertes thermiques seront supposées constantes.

- 1- Réaliser un bilan énergétique sur le ballon de stockage.
- 2- Calculer le temps au bout duquel la pompe de l'échangeur s'arrête.
- 3- Conclure sur les temps de fonctionnement de la pompe.

II-2- TRAITEMENT DE L'EAU CHAUDE SANITAIRE

Il sera installé en chaufferie un adoucisseur assurant les besoins en eau adoucie à TH = 15[°F] du préparateur d'eau chaude sanitaire.

L'objectif de cette partie est de vérifier le caractère entartrant de l'eau sanitaire et de déterminer les caractéristiques utiles à la détermination de l'adoucisseur.

Données extraites du cahier des charges :

- Volume d'eau journalier à traiter : 1.5 [m³]
- Régénération de l'adoucisseur tous les 3 jours.
- **[formulaire page 10/17]**

Travail demandé

- 1- Compléter l'analyse d'eau simplifiée **[document réponse N° page 13/17]** comprenant les cations et les anions majeurs. On considère que la balance ionique de l'eau est égale à 0.
- 2- Calculer le titre hydrotimétrique de cette eau. Cette eau est-elle entartrante ?
- 3- Déterminer la capacité d'échange de l'adoucisseur.
- 4- Calculer les pourcentages de débit circulant dans la vanne de bipasse et dans l'adoucisseur pour obtenir le TH souhaité.

BTS FLUIDES ENERGIES ENVIRONNEMENTS – U.21		Session 2012
Fluidique – Energétique - Environnement	Code : FEE2FLU	Page : 5/17

PARTIE III : ÉTUDE DE LA PRODUCTION DE FROID ET DU TRAITEMENT D'AIR DE LA SALLE D'ÉTUDE

III-1- Étude de la production de froid

Les batteries froides des caissons de traitement d'air sont raccordées à un réseau d'eau glacée alimenté par une machine frigorifique air / eau.

L'objectif de cette partie est de vérifier les performances de la production d'eau glacée.

Une campagne de mesure sur site donne les résultats suivants :

- La machine frigorifique fonctionne au R134a.
- Régime de fonctionnement des batteries froides en eau glacée : 10 [°C] / 16 [°C].
- Débit volumique d'eau glacée : 4,44 [m³.h⁻¹].
- Pressions lues aux manomètres de la machine frigorifique : évaporation : 2,5 [bar].
condensation : 9 [bar].
- Température en sortie d'évaporateur : 9 [°C].
- Surchauffe supplémentaire : 6 [°C].
- Température de sortie compresseur : 60 [°C].
- Sous refroidissement total : 5 [°C].
- Le rendement de distribution de l'eau glacée est estimé à $\eta = 0,95$.

Travail demandé

1- Tracer le cycle thermodynamique de la machine frigorifique sur le diagramme enthalpique et compléter le tableau de valeurs **[documents réponse N°3 et N°4 pages 15/17 et 16/17]**.

2- Calculer la puissance frigorifique utile sur la batterie d'eau glacée.

3- En déduire la puissance frigorifique à l'évaporateur.

4- Calculer le débit massique du fluide frigorigène.

5- En déduire la puissance utile du compresseur (fournie au fluide frigorigène).

6- Sur l'armoire électrique d'alimentation de la machine frigorifique, on mesure les paramètres suivants :

- Intensité absorbée : 20,4 [A]
- tension entre phases : 400 [V]
- déphasage estimé : 0.95

Calculer la puissance absorbée par la machine frigorifique et en déduire le COP global de la production d'eau glacée.

BTS FLUIDES ENERGIES ENVIRONNEMENTS – U.21		Session 2012
Fluidique – Energétique - Environnement	Code : FEE2FLU	Page : 6/17

PARTIE III-2 : ÉTUDE DU TRAITEMENT D'AIR DE LA SALLE D'ÉTUDE.

Le bâtiment comporte une salle d'étude équipée d'un caisson de traitement d'air situé en combles techniques. Celui-ci comporte notamment un échangeur de chaleur entre l'air extérieur et l'air intérieur destiné à récupérer l'énergie sans mélange de ces deux airs.

L'objectif de cette partie est d'étudier les apports du récupérateur de chaleur dans le caisson de traitement d'air dans les conditions d'hiver et les conditions de température de sortie du récupérateur en été.

Note : On se limite à l'étude des évolutions de l'air introduit dans le local. L'évolution de l'air extrait n'est donc pas considérée.

Données extraites du cahier des charges :

- Débits volumiques de la centrale :
 - Ventilateur de soufflage : 630 [m³.h⁻¹]
 - Ventilateur de reprise : 630 [m³.h⁻¹] (le ventilateur est situé en amont de l'échangeur)

- Conditions climatiques extérieures en hiver :
 - HIVER : température sèche, ts = -9 [°C] Humidité relative φs = 90%
 - ÉTÉ : température sèche, ts = 28 [°C] Humidité relative φs = 45%

- Conditions de soufflage (sortie centrale) :
 - HIVER : température sèche, ts = 20 [°C] Humidité relative φs = 60%
 - ÉTÉ : température sèche, ts = 22 [°C] Humidité relative φs = 45%

- Conditions intérieures :
 - HIVER : température sèche, ts = 19 [°C] Humidité relative φs = 60%
 - ÉTÉ : température sèche, ts = 24 [°C] Humidité relative φs = 45%

- Conditions sur l'air neuf en sortie du récupérateur en hiver :
 - température sèche, t = +11 [°C]

Travail demandé :

Situation de fonctionnement hiver.

- 1- Tracer, sur le diagramme de l'air humide, l'évolution de l'air dans la CTA et compléter le tableau de valeurs. **[document réponse N5 page 17/17]**
- 2- En déduire les composants nécessaires au fonctionnement de la centrale dans ces conditions hiver.
- 3- Calculer la puissance des éléments mis en œuvre.
- 4- Calculer l'efficacité de l'échangeur de chaleur dans ces conditions.

Situation de fonctionnement été.

- 1- Déterminer le débit massique de soufflage dans les conditions de fonctionnement été.
- 2- En considérant une efficacité constante, déterminer les conditions de sortie de l'air après le récupérateur dans ces conditions été (de plus fortes charges). En l'absence de réponse à la question 4 précédente, vous considérerez une efficacité $\varepsilon = 0,4$.
- 3- Pour des conditions de demi-saison, le passage de l'air neuf dans l'échangeur est-il toujours judicieux ? Justifier.

BTS FLUIDES ENERGIES ENVIRONNEMENTS – U.21		Session 2012
Fluidique – Energétique - Environnement	Code : FEE2FLU	Page : 7/17

PARTIE IV : ÉTUDE ACOUSTIQUE DE LA SALLE D'ÉTUDES

L'objectif de cette partie est de déterminer le niveau de pression acoustique de la salle d'études, en un point test E, afin de vérifier le respect de la réglementation acoustique.

Données extraites du cahier des charges :

- LW_{bouche} : niveau de puissance acoustique par octave au niveau de chaque bouche de diffusion (combinaison du niveau acoustique résiduel du au ventilateur et du niveau acoustique de la bouche).
- LW_{reprise} : niveau de puissance acoustique par octave au niveau de chaque grille de reprise (combinaison du niveau acoustique résiduel du à l'extracteur et du niveau acoustique de la grille).
- Les dimensions du local : $h = 3[\text{m}]$, $L = 11[\text{m}]$, $l = 5,44[\text{m}]$.
- La situation du point de test E : au centre du local, à $1,80 [\text{m}]$ du sol.
- Le temps de réverbération Tr du local par octave.
- La directivité des bouches de diffusion $q = 2,5$
- La directivité des grilles de reprise $q = 2,5$.
- La pondération [A] par bande d'octaves.
- Le niveau ISO 50 est requis.

Hypothèses:

Pour simplifier les calculs, on travaillera uniquement sur les bandes d'octaves de 125 à 4000 [Hz].

Fréquence [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
LW_{bouche} à chaque bouche de diffusion [dB]	70	72	67	62	54	45
LW_{reprise} à chaque grille de reprise [dB]	66	61	58	55	53	44
Temps de réverbération Tr [s]	1,2	1,0	1,0	0,8	0,7	0,5
Pondération [A] [dB]	-16.1	-8.6	-3.2	0	+1.2	+1
Niveau ISO 50 requis [dBA]	66	59	54	50	47	45

Travail demandé :

[formulaire page 10/17, annexe N°1 page 11/17 et document réponse N°2 page 14/17]

- 1- Déterminer le niveau de pression acoustique par octave, au point de test E, du aux 2 bouches de diffusion.
- 2- Déterminer le niveau de pression acoustique par octave, au point de test E, du aux 2 grilles de reprise.
- 3- Déterminer le niveau de pression acoustique, **pondéré [A]**, **par octave** et **global**, au point de test E, du au CUMUL des bouches de soufflage et des grilles de reprise.
- 4- Le niveau ISO 50 requis est-il respecté ?
Si le niveau ISO requis n'est pas respecté :
 - . quelle correction est nécessaire ?
 - . doit-on agir prioritairement sur le soufflage ou sur la reprise. Justifier.
 - . quelle autre solution pourrait-on envisager ?

BTS FLUIDES ENERGIES ENVIRONNEMENTS – U.21		Session 2012
Fluidique – Energétique - Environnement	Code : FEE2FLU	Page : 8/17

FORMULAIRE

Transferts thermiques:

CONVECTION LIBRE (ou naturelle)	$Nu = c \times (Gr \times Pr)^n$
Validité	Relation expérimentale
$10^{-3} < Gr \times Pr \leq 5.10^2$	$Nu = 1.18 \times (Gr \times Pr)^{0.125}$
$5.10^2 < Gr \times Pr \leq 2.10^7$	$Nu = 0.54 \times (Gr \times Pr)^{0.25}$
$2.10^7 < Gr \times Pr \leq 10^{13}$	$Nu = 0.135 \times (Gr \times Pr)^{0.33}$

Nombres sans dimension	
$Gr = \frac{\alpha \times \Delta T \times \rho^2 \times L^3 \times g}{\mu^2}$	$Pr = \frac{\mu \times c_p}{\lambda}$
$Re = \frac{\rho \times L \times v}{\mu}$	$Nu = \frac{h_c \times L}{\lambda}$

avec :

- v : vitesse moyenne du fluide [$m \cdot s^{-1}$]
- ρ : masse volumique du fluide en [kg/m^3]
- μ : viscosité dynamique du fluide en [$Pa \cdot s$] ou [$kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$]
- h_c : coefficient d'échange convectif en [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]
- λ : conductivité thermique du fluide en [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]
- c_p : capacité thermique massique du fluide en [$J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$]
- g : accélération de la pesanteur en [$m \cdot s^{-2}$]
- α : coefficient de dilatabilité du fluide en [K^{-1}]
- Δ : différence de température entre la paroi et le fluide: $\Delta T = T_{\text{paroi}} - T_{\text{fluide}}$ en [K]

Choix pour la dimension L en [m]:

- Cylindre vertical : Hauteur
- Cylindre horizontal : Diamètre extérieur
- Plaque verticale : Hauteur
- Plaque horizontale : Plus petite dimension (largeur ou longueur)

Traitement d'eau:

Conversions des unités de concentration :

$$C(X)_{\text{équivalent}} = C(X)_{\text{molaire}} \times \text{Valence}_X = \frac{C(X)_{\text{massique}}}{M_X} \times \text{Valence}_X \quad \text{exprimée en [éq.l}^{-1}\text{] ou [még.l}^{-1}\text{]}$$

$$C(X)_{\text{°f}} = 5 \times C(X)_{\text{még/l}} \quad \text{exprimée en [f]}$$

Balance ionique : $\text{Balance ionique} = \frac{[\text{Cations}] - [\text{Anions}]}{[\text{Cations}] + [\text{Anions}]} \times 100$ exprimée en [%]

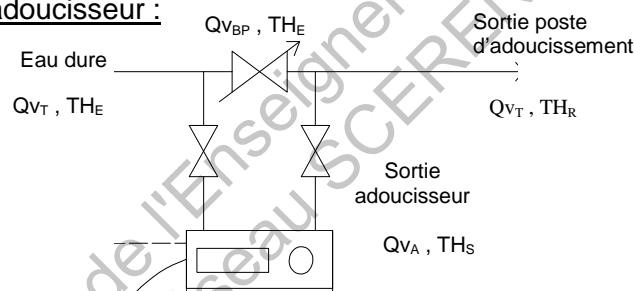
Titre Hydrotimétrique : $\text{TH} = [\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}]$ exprimée en [f]

Capacité d'échange : $\text{CE} = V_{\text{adouc}} \times (\text{TH}_E - \text{TH}_R)$ exprimée en [f.m³]

avec :

- V_{adouc} : Volume maximal d'eau susceptible d'être adouci par un appareil donné entre deux régénérations [m³].
- TH_E et TH_R : Dureté de l'eau à l'entrée et à la sortie du poste d'adoucissement (TH résiduel).

Schéma simplifié d'un adoucisseur :



avec:

- QV_A : Débit d'eau circulant dans l'adoucisseur,
- TH_S : Titre Hydrotimétrique (ou dureté) à la sortie de l'adoucisseur. 0f s'il n'y a pas de fuite ionique, $\approx 0.5f$ dans le cas général.
- QV_{BP} : Débit d'eau ne circulant pas dans l'adoucisseur (bipassé),
- TH_E : Titre Hydrotimétrique (ou dureté) de l'eau bipassée. Correspond en général au TH de l'eau dure avant traitement.
- QV_T : Débit d'eau total à adoucir. Correspond au débit de pointe.
- TH_R : Titre Hydrotimétrique (ou dureté) de l'eau résiduelle (souhaitée).

Acoustique :

Surface d'absorption $A = 0,16 \cdot V / Tr$ [m²]

- avec:
- V : Volume du local [m³],
 - Tr : temps de réverbération du local [s].

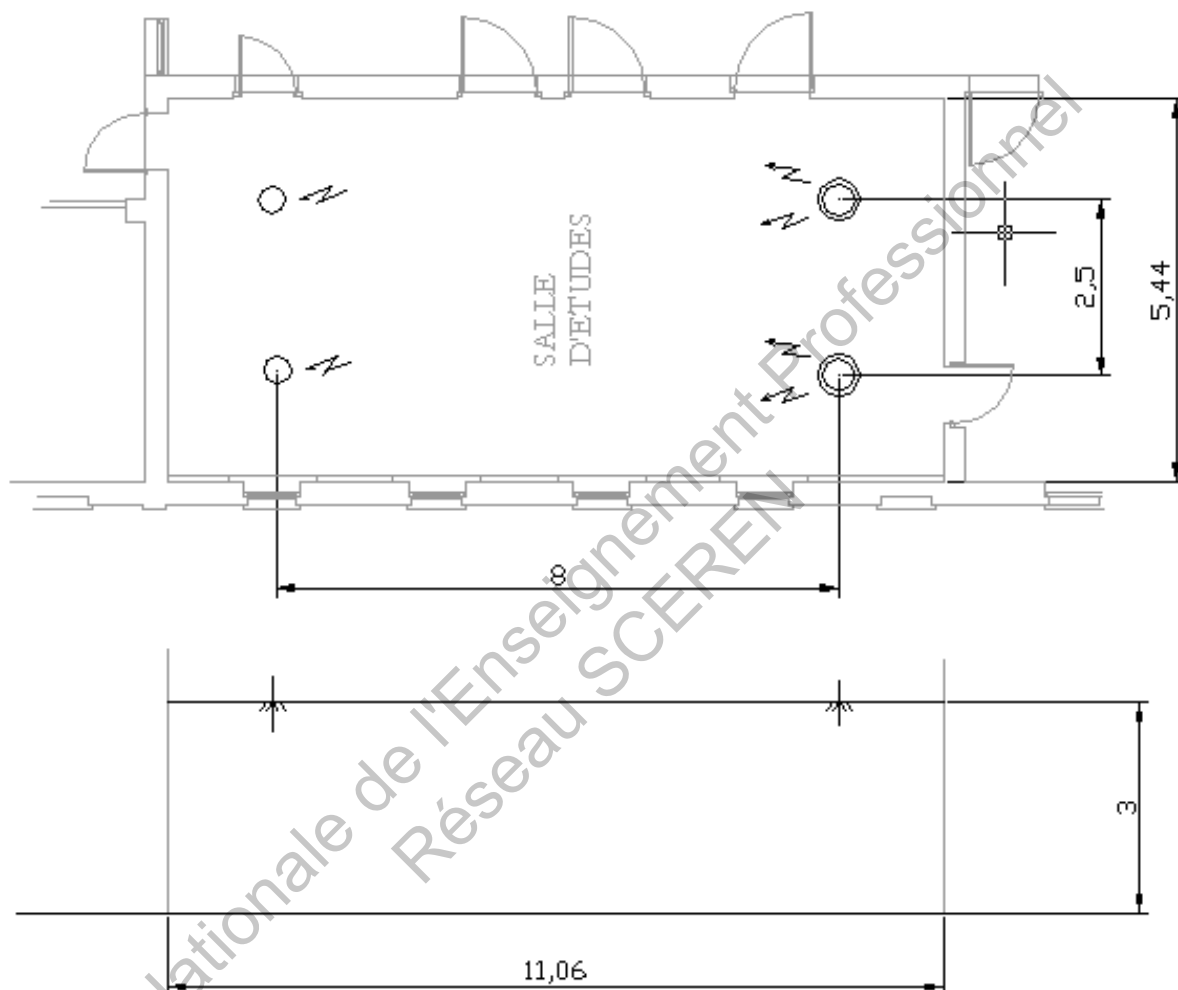
Niveau de pression acoustique L_p [dB] = $L_w + 10 \cdot \log(q/4 \cdot \pi \cdot d^2 + 4/A)$

- avec:
- L_w : Niveau de puissance acoustique de la source [dB],
 - q : Directivité
 - d : Distance de la source au récepteur
 - A : Surface d'absorption [m²]

Somme de n niveaux acoustiques L_i d'indice i compris entre 1 et n : $L_{\text{TOTAL}} = 10 \log [\sum_i 10^{L_i/10}]$

BTS FLUIDES ENERGIES ENVIRONNEMENTS – U.21		Session 2012
Fluidique – Energétique - Environnement	Code : FEE2FLU	Page : 10/17

Annexe N°1 : Salle d'études



Annexe N°2 :
Caractéristiques physiques de l'eau à la pression atmosphérique

T	ρ	λ	c_p	μ	α
[°C]	[kg.m ⁻³]	[W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	[J.kg ⁻¹ .K ⁻¹]	[kg.m ⁻¹ .s ⁻¹]	[K ⁻¹]
0	999,8	0,552	4217	1,79E-03	-7,00E-05
10	999,7	0,578	4191	1,31E-03	8,80E-05
20	998,2	0,598	4181	1,00E-03	2,06E-04
30	995,7	0,614	4178	8,00E-04	3,03E-04
40	992,2	0,628	4178	6,50E-04	3,85E-04
50	988,0	0,641	4180	5,50E-04	4,57E-04
60	983,2	0,651	4183	4,70E-04	5,23E-04
70	977,8	0,661	4189	4,00E-04	6,43E-04
80	971,8	0,669	4196	3,60E-04	6,98E-04
90	965,3	0,676	4204	3,10E-04	7,52E-04
100	958,4	0,682	4215	2,80E-04	8,00E-04

Document réponse N°1 :
Analyse d'eau

Anions	Masse molaire	Concentrations	
	[g.mol ⁻¹]	[mg.l ⁻¹]	[°f]
Bicarbonate (HCO ₃ ⁻)	61	410,00	33,61
Sulfate (SO ₄ ²⁻)	96,1	55,00	5,72
Chlorure (Cl ⁻)	35,5	30,00	4,23
Nitrate (NO ₃ ⁻)	62	25,00	2,02
Total anions	-	520,00	45,57

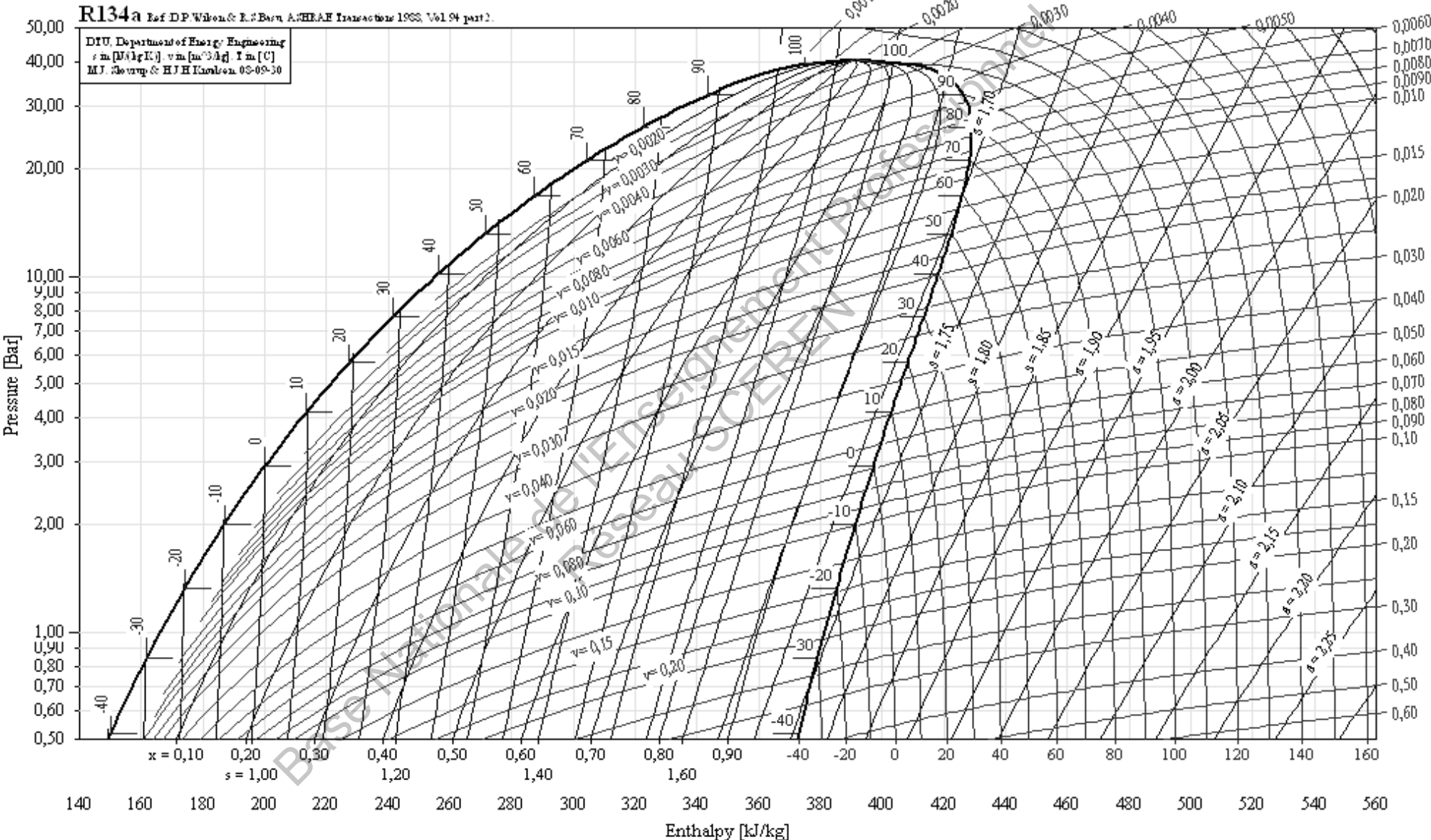
Cations	Masse molaire	Concentrations	
	[g.mol ⁻¹]	[mg.l ⁻¹]	[°f]
Calcium (Ca ²⁺)	40,1		
Magnésium (Mg ²⁺)	24,3	35,00	
Potassium (K ⁺)	39,1	3,00	
Sodium (Na ⁺)	23	17,00	
Total Cations	-		

**Document réponse N°3 :
Production de froid**

Point	P [bar abs]	T [°C]	h [kJ.kg ⁻¹]	v' [m ³ .kg ⁻¹]	s [kJ.kg ⁻¹ .K ⁻¹]	x
1 (sortie évaporateur)						
1' (aspiration compresseur)						
2 (sortie compresseur)						
3 (entrée détenteur)						
4 (entrée évaporateur)						

Base Nationale de l'Enseignement Professionnel
Réseau SCEREN

Document réponse N°4 : Production de froid



N°3

Document réponse N°5 : Traitement de l'air

DIAGRAMME DE L'AIR HUMIDE

Pression atmosphérique 101325 Pa Altitude 0 m

Tableau de points

