



SERVICES CULTURE ÉDITIONS
RESSOURCES POUR
L'ÉDUCATION NATIONALE

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Campagne 2009

Ce fichier numérique ne peut être reproduit, représenté, adapté ou traduit sans autorisation.

BTS FLUIDES ÉNERGIES ENVIRONNEMENTS

FLUIDIQUE – ÉNERGÉTIQUE - ENVIRONNEMENTS

SESSION 2009

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).

Documents à rendre avec la copie :

Document annexe 2 page 10/20
Document annexe 3 page 11/20
Document annexe 4 page 12/20
Document annexe 5 page 13/20
Document annexe 7 page 15/20
Document annexe 8 page 16/20

**Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet comporte 20 pages, numérotées de 1/20 à 20/20.**

BTS FLUIDES ENERGIES ENVIRONNEMENTS – U.21		Session 2009
Fluidique – Energétique - Environnement	FEE2FLU	Page : 1/20

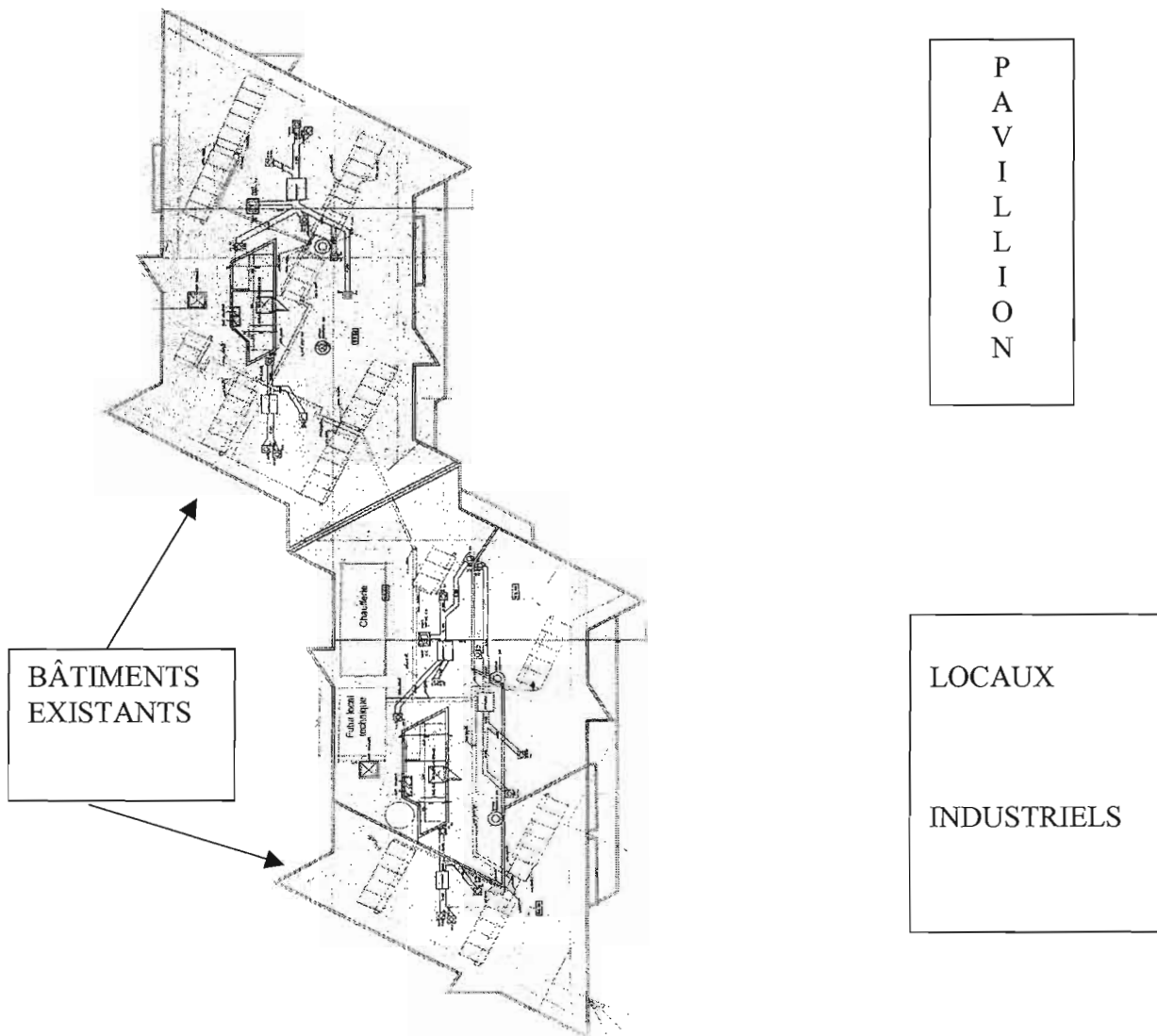
Présentation du projet :

Une entreprise décide d'accroître l'activité industrielle de son site. Elle envisage de construire un bâtiment de production, un pavillon de plein pied (bureau) et de conserver les deux immeubles existants.

Cette société a une démarche de développement durable. C'est pour cela qu'elle confie son projet à un bureau d'étude en lui demandant de lui soumettre des solutions techniques pour le chauffage et la production ECS de ces bureaux en intégrant des énergies renouvelables.

Le chargé d'affaire propose des panneaux solaires thermiques dans le bâtiment existant, une pompe à chaleur géothermique pour le pavillon et une centrale de traitement d'air pour les locaux industriels.

- **Partie n°1** - Étude d'une installation de chauffage solaire (20 points)
- **Partie n°2** - Étude d'une PAC Géothermique (15 points)
- **Partie n°3** - Étude de la régulation de la PAC Géothermie (10 points)
- **Partie n°4** - Étude acoustique d'une PAC (15 points)
- **Partie n°5** - Étude d'une centrale de traitement d'air (20 points)



Partie n°1 – Étude d'une installation de chauffage solaire

Le projet consiste à installer des capteurs solaires thermiques sur la terrasse de deux bâtiments (voir Annexe 1).

Cette installation permettra d'économiser une partie de l'énergie actuelle fournie par une chaufferie, et par conséquent, de réduire les émissions de dioxyde de carbone (CO₂).

L'énergie captée est transformée en chaleur et transmise au fluide caloporteur circulant dans les panneaux. Ce fluide achemine les calories récupérées afin de les transférer à l'eau chaude sanitaire, dans un ballon de stockage (ballon solaire), par l'intermédiaire d'un échangeur à plaques

(voir Annexe 2).

L'adjonction du ballon de stockage permettra de faire face à des pointes de consommations élevées. Cette installation est couplée avec un système d'appoint utilisant une autre énergie (gaz), qui assure automatiquement le complément si l'eau n'est pas à la température souhaitée.

Seul le réseau ECS est à modifier.

I) Étude d'un échangeur :

Nous souhaitons dimensionner l'échangeur à plaques du circuit solaire. Le flux de chaleur est échangé à contre courant.

1 - Coefficient d'échange

Le coefficient d'échange de l'échangeur à plaques est $K = 3508 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

2 - Dimensionnement

Le dimensionnement est effectué à partir des régimes d'eau suivants.

	Entrée	Sortie
Eau du circuit primaire solaire (Monopropylène Glycol 40%)	55°C	45.5°C
Eau du circuit secondaire (Eau)	32°C	40.7°C

Nous pouvons installer sur cette toiture 90 capteurs solaires. Chaque capteur dispose d'une surface de captage de 2.51m².

Le soleil nous transmet au niveau du sol une puissance d'environ 1000W/m².

On estime qu'un capteur délivre une puissance unitaire de 500W/m².

^ Travail demandé

1 - Déterminer la puissance produite par l'énergie solaire et récupérée par l'échangeur à plaques en prenant en compte les pertes dues à l'encrassement

2 - En prenant comme hypothèse une puissance échangée de 90,36 kW, déterminer les débits d'alimentation du primaire et du secondaire de l'échangeur en fonction des températures d'entrées et de sorties

Pour les calculs, nous prendrons **les hypothèses suivantes :**

- **Primaire** : Masse volumique = 1044.7 kg/m³, Cp = 3.635 kJ/kg°C
- **Secondaire** : Masse volumique = 990.6 kg/m³, Cp = 4.18 kJ/kg°C

3 - Calculer l'efficacité de cet échangeur

4 - Calculer la surface d'échange côté primaire

5 - Déterminer le nombre d'unités de transfert pour cet échangeur (NUT)

6 - Calculer son efficacité avec la méthode des (NUT).

II) Traitement de l'eau :

Nous souhaitons contrôler la qualité de l'eau chaude sanitaire. Des analyses sont réalisées sur l'eau brute.

Caractéristique de l'eau brute :

Paramètres	Valeur	Unité
pH	7,5	[mg/l]
Calcium	119	[mg/l]
Magnésium	26	[mg/l]
Sodium	6	[mg/l]
Potassium	2	[mg/l]
Fluor	0,6	[mg/l]
Hydrogénocarbonates	430	[mg/l]
Sulfates	55	[mg/l]
Chlorures	8	[mg/l]

Données :

Masse molaire : [g/mol]

Ca ⁺⁺	40[g/mol]	HCO ₃ ⁻	61[g/mol]
Mg ⁺⁺	24,3[g/mol]	Cl ⁻	35,5[g/mol]
Na ⁺	23[g/mol]	NO ₃ ⁻	62[g/mol]
K ⁺	39[g/mol]	SO ₄ ²⁻	98[g/mol]

Paramètre de l'eau :

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

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

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

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

TRAVAIL DEMANDÉ

- 1) Déterminer en degré français la dureté de l'eau (TH)
- 2) Cette eau passe par un adoucisseur à permutacion sodique. Déterminer les valeurs en sortie de l'adoucisseur, des paramètres donnés dans le tableau (**voir Annexe 2**).
- 3) Pour un débit de 6 m³/h on désire, pour de l'eau chaude sanitaire, un TH en sortie de 10°F. On mélangera de l'eau traitée par l'adoucisseur et de l'eau brute.
Déterminer le débit d'eau traitée et le débit d'eau brute pour avoir un TH de 10°F.

Partie n°2 - Étude d'une PAC Géothermique

Le chauffage du pavillon sera réalisé par une pompe à chaleur géothermique.

Une pompe à chaleur eau-eau, dispose de capteurs horizontaux. Le chauffage sera assuré à l'aide d'un plancher chauffant.

On se propose d'étudier les caractéristiques énergétiques de la machine. On dispose pour cela des données constructeur et de relevés.

Données constructeur

Le fluide frigorigène est du R407C

Caractéristiques reprises dans la documentation :

Puissance de chauffage :	13370 [W]
Puissance absorbée (y compris circulateurs) :	3490 [W]

Valeurs relevées

Valeurs lues aux manomètres

BP : Température de saturation vapeur : 0 [°C]

HP : Température de saturation liquide 45 [°C]

Surchauffe totale à l'aspiration: 8 [K]

Désurchauffe refoulement : 10 [K]

Sous refroidissement : 5 [K]

Hypothèses à considérer

La compression est isentropique

TRAVAIL DEMANDÉ

- 1 - A quelle famille de fluide frigorigène appartient le R 407 C.
- 2 - Tracer le cycle frigorifique sur le diagramme joint en **Annexe 3**.
- 3 - Compléter le tableau de valeurs des points remarquables du cycle sur **l'Annexe 4**.
- 4 - Calculer le débit massique du fluide frigorigène à l'aspiration du compresseur.
- 5 - Calculer le COP en mode chauffage de cette PAC ?

Partie n°3 - Étude de la régulation de la PAC Géothermie

Le régulateur de la PAC est relié à deux pressostats, un thermostat limiteur d'ambiance (en option) ainsi qu'à trois sondes de température :

- une sonde de température extérieure
- une sonde de température départ (vers les émetteurs de chaleur)
- une sonde de température retour (en provenance des émetteurs de chaleur).

La sonde de retour n'est pas utilisée dans la logique de la régulation. En revanche sa valeur peut être visualisée

Le régulateur dispose de plusieurs sorties qui commandent les différents organes de la PAC :

- Marche / Arrêt du circulateur captage
- Marche / Arrêt du compresseur
- Marche / Arrêt de l'appoint électrique (si option Appoint)
- Ouverture / Fermeture vanne d'inversion de cycle (si option PAC réversible)

Quelque soit le mode de fonctionnement, l'activation des sorties n'est pas possible si une alarme est effective (par exemple pressostat HP ou BP) ou si la temporisation n'est pas terminée.

TRAVAIL DEMANDÉ

1 - À partir du moment où la PAC est sous tension, le circulateur plancher tourne en permanence. Ce principe présente un certain nombre d'avantages, lesquels ?

2 - Cette PAC a été dimensionnée pour une température extérieure de base de -3°C .

En hiver, le régulateur détermine la consigne de la température de départ en fonction de la température extérieure.

Proposer une loi qui gère cette régulation en complétant le document réponse (**annexe 5**)

3 - En mode Hiver, le régulateur va :

- Démarrer la PAC dès que la température de départ devient inférieure à la consigne de départ moins un différentiel de 6°C .
- Arrêter la PAC dès que la température de départ repasse au-dessus de la consigne

Tracer la loi de régulation qui gère le fonctionnement du compresseur, pour une température d'enclenchement (départ) à 30°C en complétant le document réponse (**annexe 5**)

BTS FLUIDES ENERGIES ENVIRONNEMENTS – U.21		Session 2009
Fluidique – Energétique - Environnement	FEE2FLU	Page : 6/20

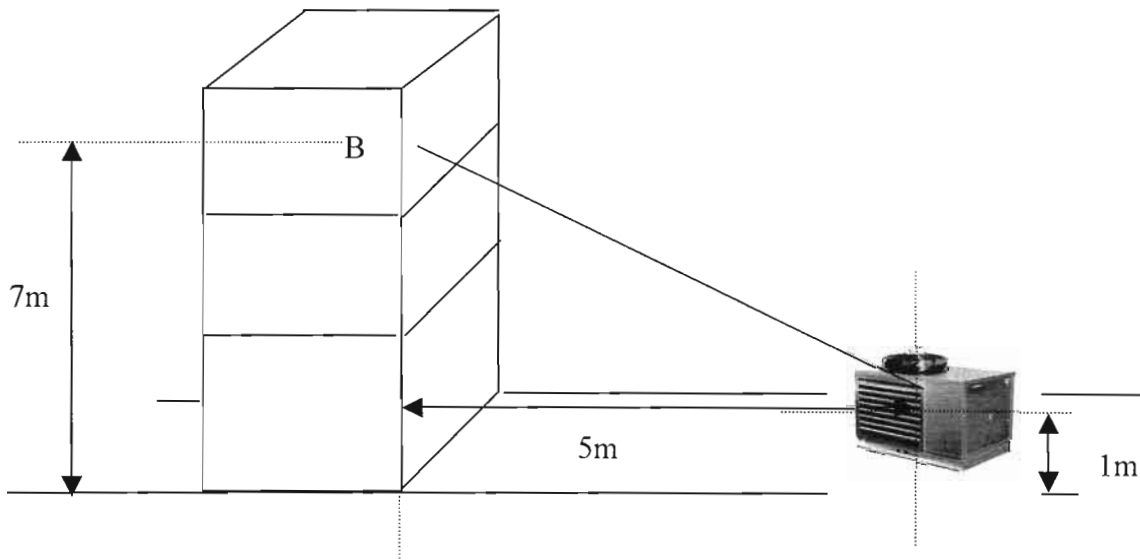
Partie n°4 - Étude acoustique d'une PAC

Le bureau d'étude a proposé au client la PAC eau-eau, (étudiée en partie 2), mais également une solution PAC Air-eau.

Une étude acoustique sera réalisée afin d'éviter les nuisances sonores provoquées sur le bâtiment voisin.

L'isolement acoustique de la façade du bâtiment est de 20 dB.

On supposera un facteur de directivité de la source égal à 2.



Spectre de puissance acoustique de la PAC

Octaves	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L _w [dB]	95	92	89	87	87	85	85	88

TRAVAIL DEMANDÉ

- 1 - Déterminer le niveau de pression acoustique par octave au point B
- 2 - Déterminer le niveau de pression acoustique en pondération A par octave au point B
- 3 - Déterminer le niveau de pression acoustique totale en pondération A au point B.
- 4 - Le niveau de pression acoustique global imposé par la réglementation au point B est de 45 dB (A)
Que pensez-vous du niveau sonore obtenu en 3 ?
Quelle solution proposeriez-vous pour respecter la réglementation ?

Partie n°5 - Étude d'une centrale de traitement d'air

Une centrale de traitement d'air climatise trois locaux industriels (Voir Annexe 6).

Cette centrale est composée d'un filtre, d'une batterie chaude primaire, d'une batterie chaude secondaire d'un humidificateur à vapeur et d'un ventilateur.

Une deuxième centrale de traitement de l'air assure le recyclage et l'extraction

Les locaux sont en équilibre aéraulique (Débit de soufflage = Débit de reprise)

Données de calculs :

	Débits massiques de soufflage [kg/h]	Températures d'ambiance [°C]	Hygrométrie relative d'ambiance [%]
Local 1	3000	20	40
Local 2	2000	22	50
Local 3	3000	14	30

Conditions climatiques extérieures :

Température sèche, $t_e = -10[°C]$; Humidité relative $\phi_e = 80 \%$

Le débit massique d'air neuf est de 5000kg/h

La régulation maintient une température (sortie batterie chaude primaire) de 10°C

La batterie chaude secondaire a une puissance de 8.8kw

La puissance de l'humidificateur à vapeur est de 11kw

Chaque ventilateur provoque un échauffement de 1°C

^ Travail demandé

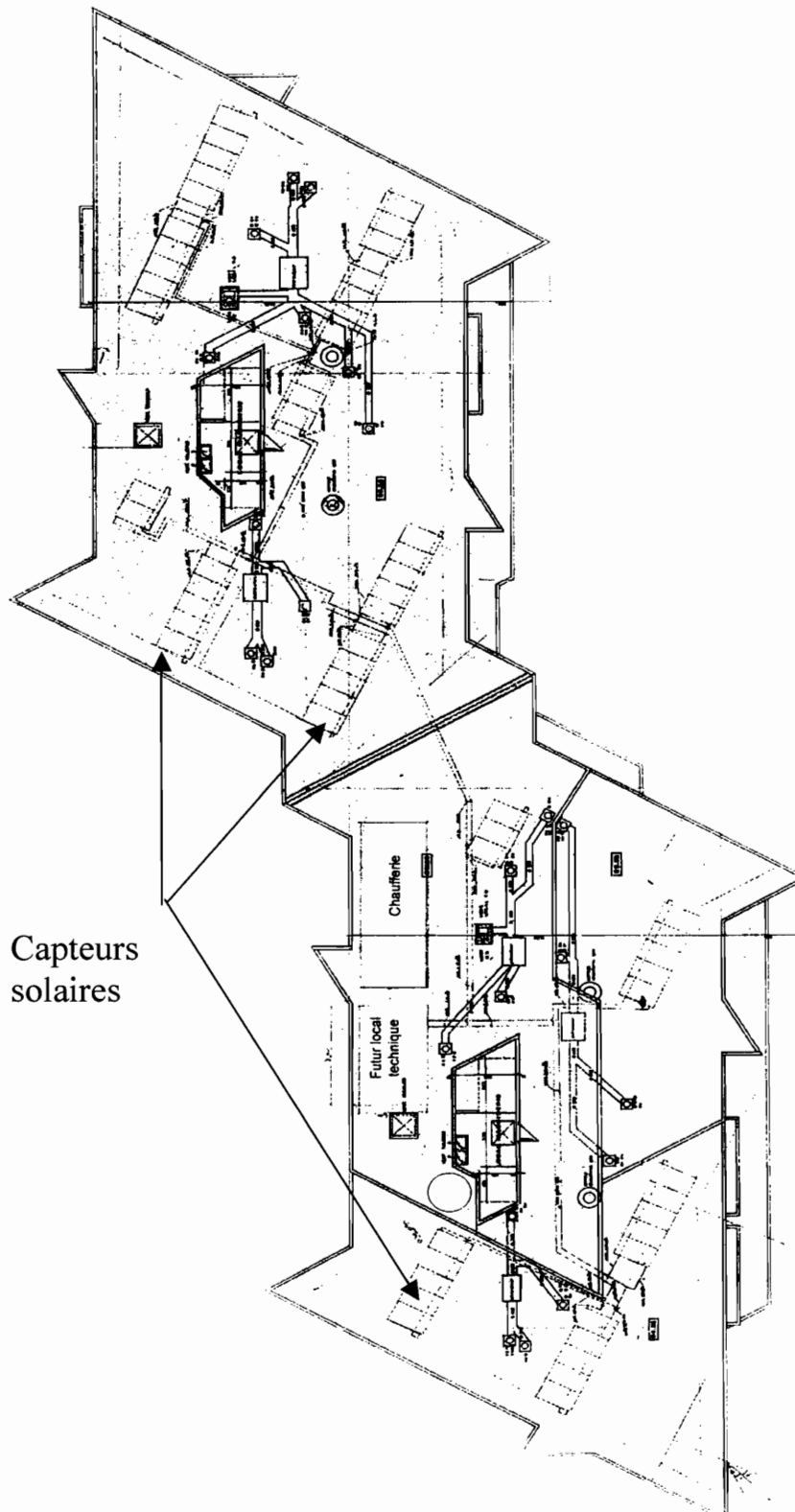
1 – Déterminer les caractéristiques des différents points de 1 à 11 en justifiant tous vos calculs et en complétant le document réponse (**Annexe 7**)

2 - Tracer l'évolution de l'air en représentant les différents points de 1 à 11 (**voir Annexe 8**)

3 - Calculer la puissance de la batterie chaude primaire et le débit de circulation d'eau sachant que le $\Delta\theta_{eau}$ sur cette batterie est de 20°C .

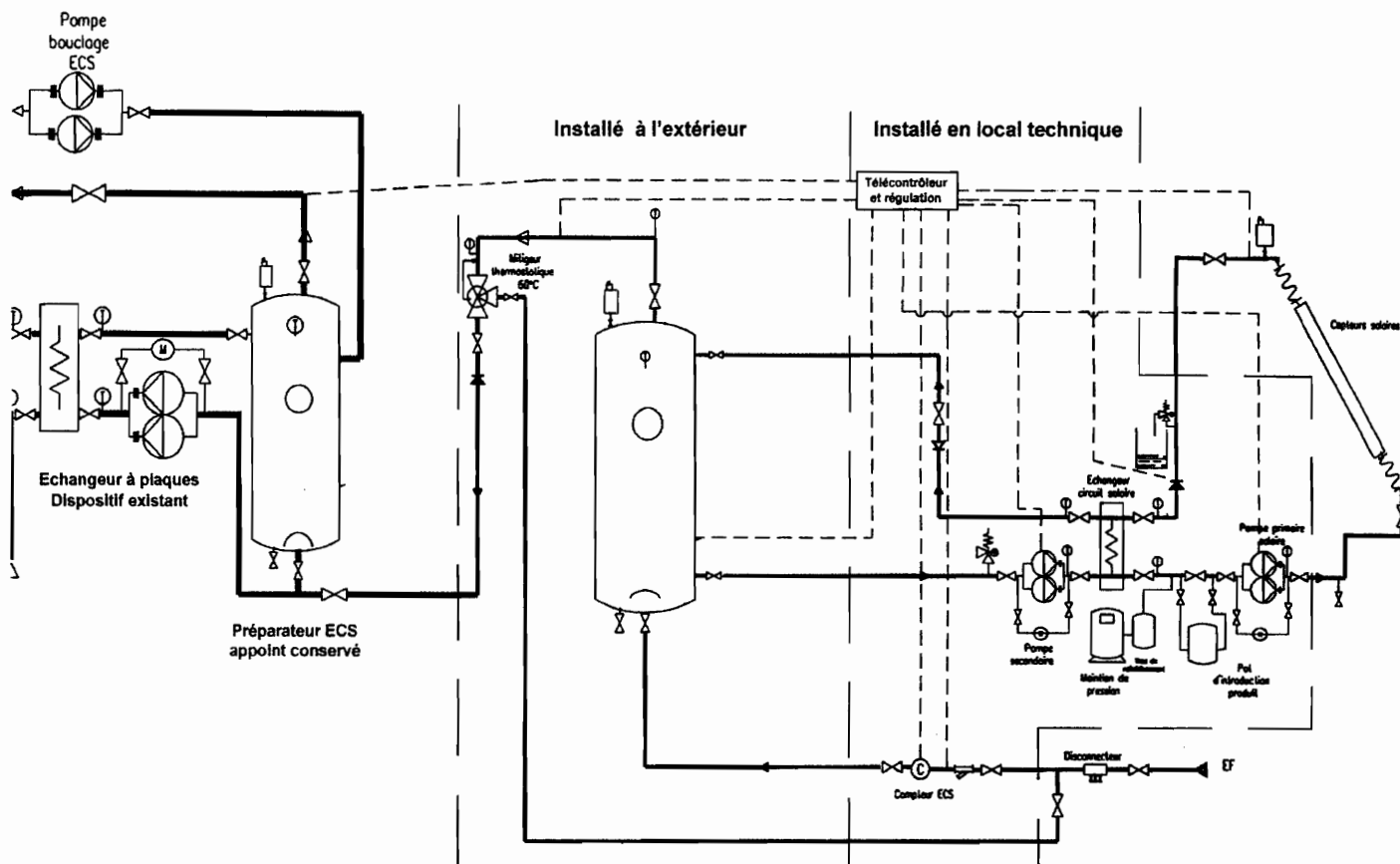
Annexe 1

Bâtiments existants :



Annexe 2 (Document à rendre)

Schéma hydraulique de l'installation :

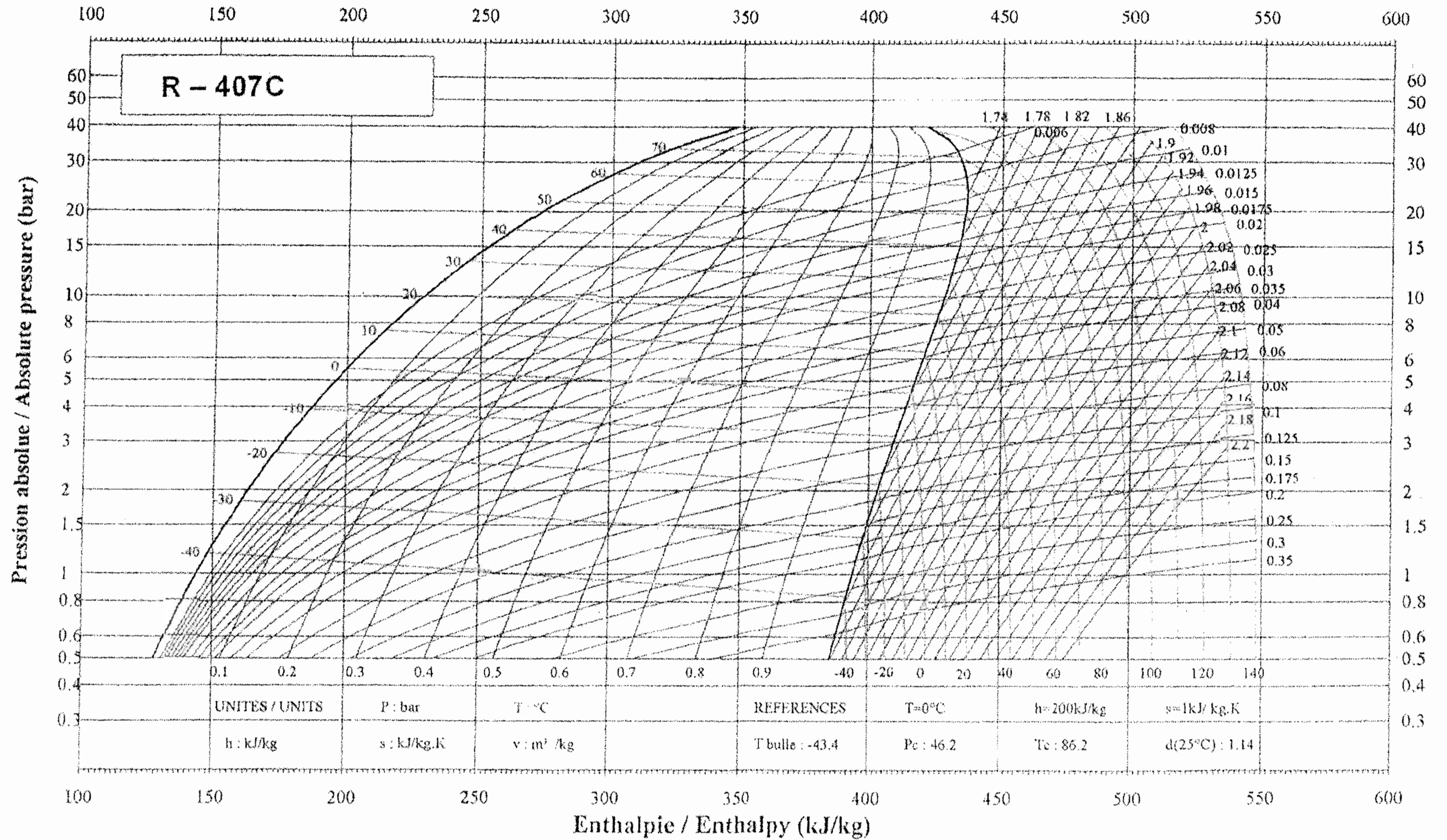


Traitement de l'eau :

	Valeurs Sortie Adoucisseur [mg/l]
Calcium	
Magnésium	
Potassium	
Fluor	
Hydrogénocarbonates	
Sulfates	
Chlorures	

Annexe 3 (Document à rendre)

Diagramme Enthalpique



Annexe 4 (Document à rendre)

Tableau des valeurs caractéristiques du cycle

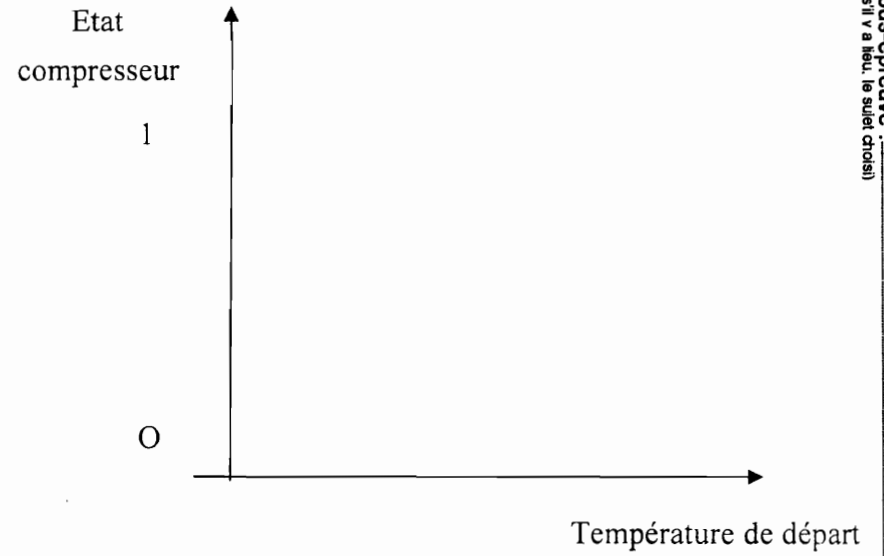
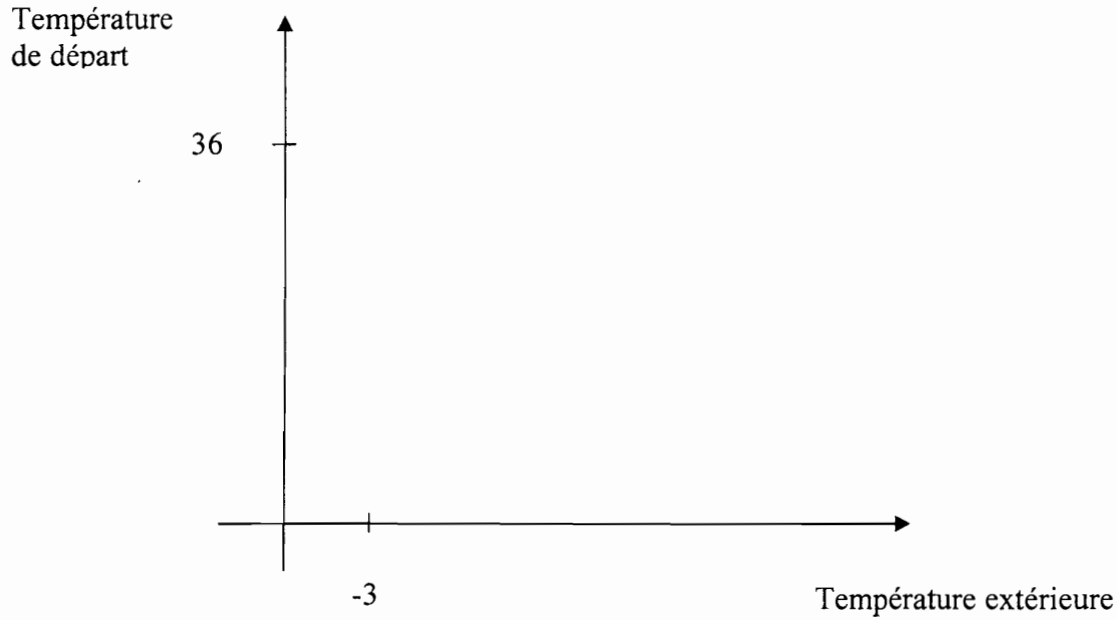
	1 Aspiration Compresseur	2 Refoulement Compresseur	3 Entrée Condenseur	4 Sortie Condenseur	5 Entrée Evaporateur
Température [°C]					
Température de saturation [°C]					
Pression [bar] relative					
Enthalpie[kj/kg]					

BTS FLUIDES ENERGIES ENVIRONNEMENTS – U.21		Session 2009
Fluidique – Energétique - Environnement	FEE2FLU	Page : 12/20

Examen ou concours : _____
 Spécialité/Option : _____
 Repère de l'épreuve : _____
 Épreuve/sous-épreuve : _____
 (Préciser, s'il y a lieu, le sujet choisi)

Numérotez chaque page (dans le cadre en bas de la page) et placez les feuilles intercalaires dans le bon sens.

Annexe 5 (Document à rendre)

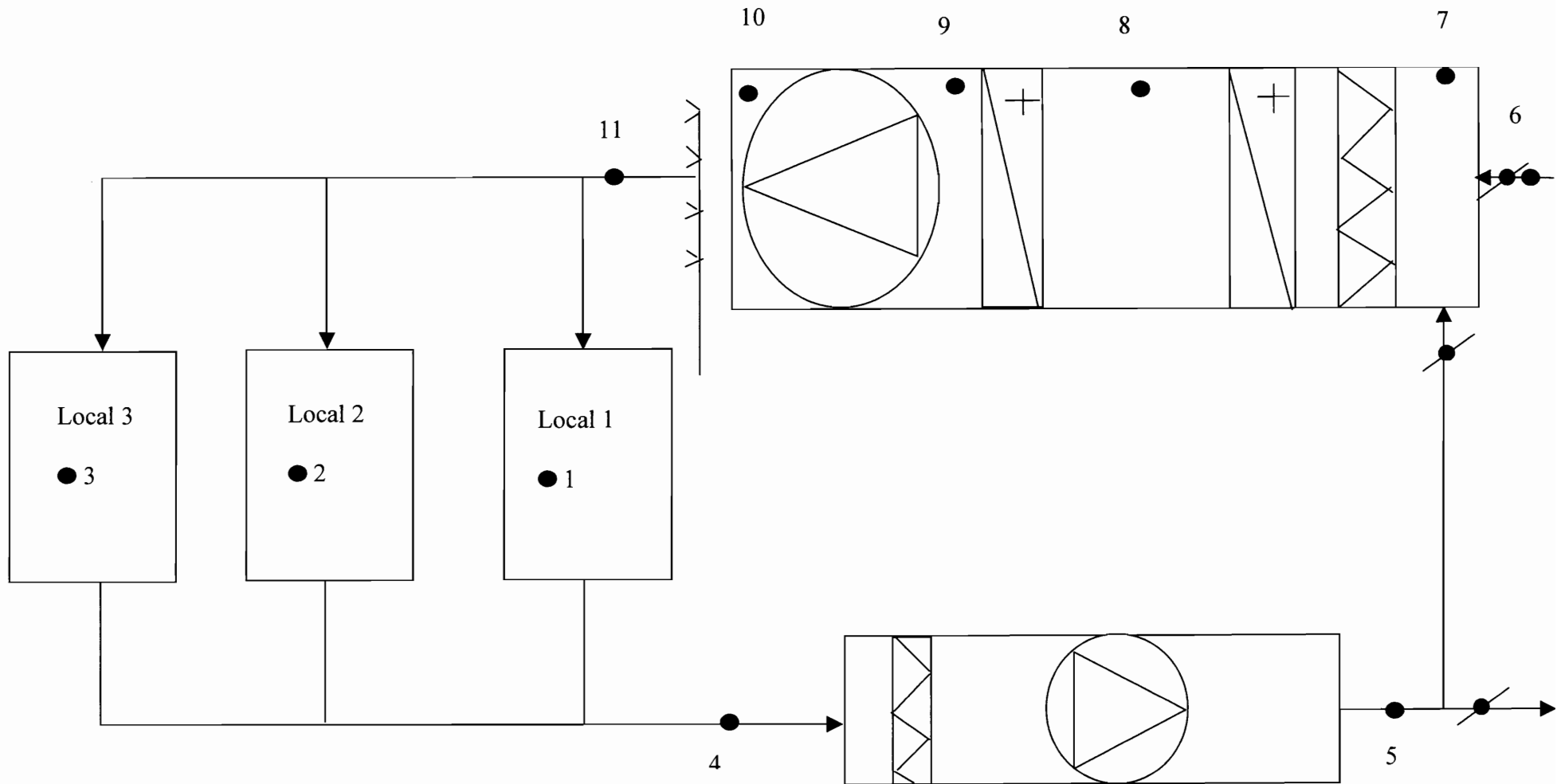


Examen ou concours : _____
 Spécialité/Option : _____
 Repère de l'épreuve : _____
 Épreuve/sous-épreuve : _____
 (Préciser, s'il y a lieu, le sujet choisi)

Numérotez chaque page (dans le cadre en bas de la page) et placez les feuilles intercalaires dans le bon sens.

BTS FLUIDES ENERGIES ENVIRONNEMENTS – U.21		Session 2009
Fluidique – Energétique - Environnement	FEE2FLU	Page : 13/20

Diagramme Annexe 6



Annexe 7 (Document à rendre)

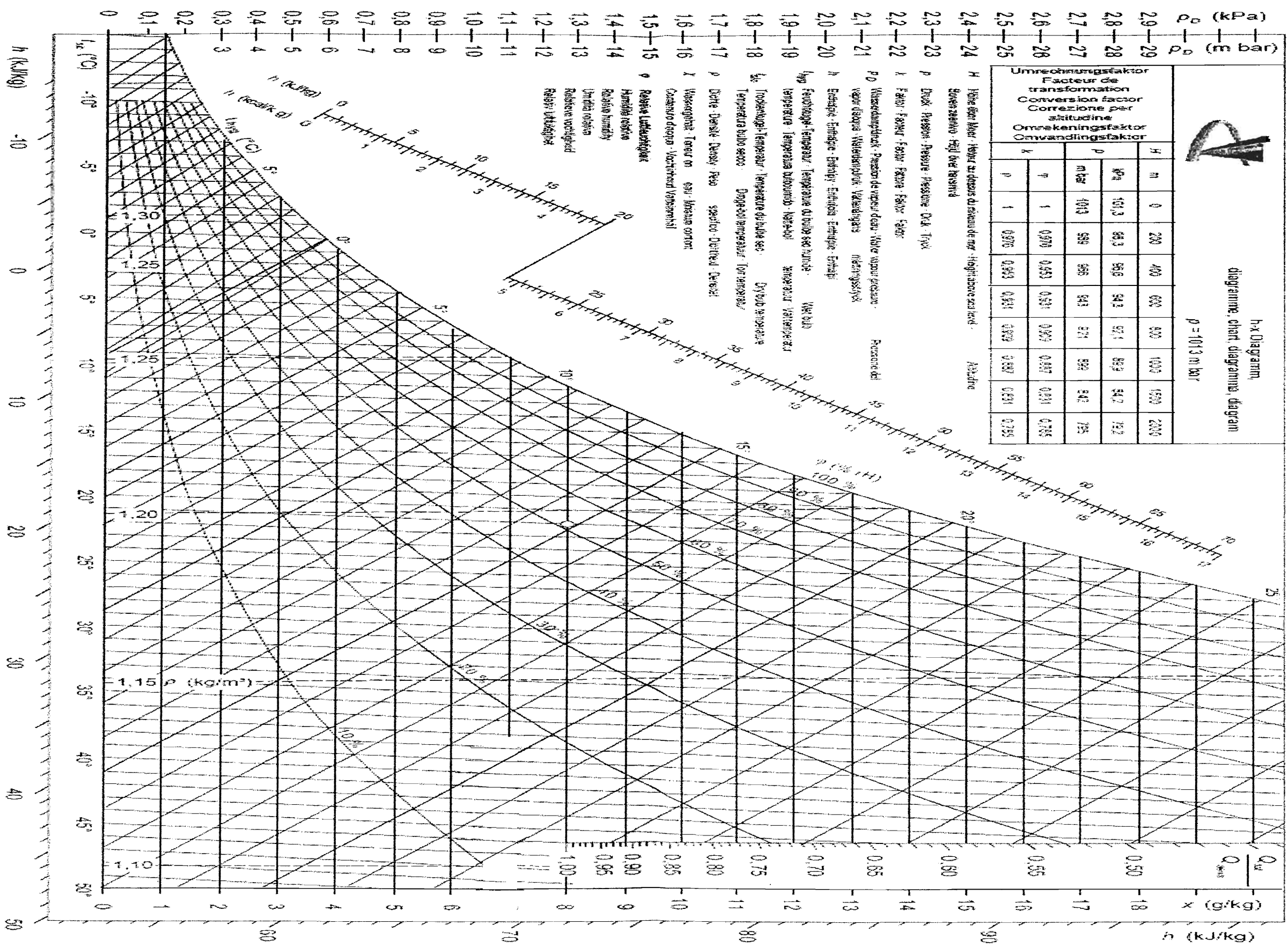
Les valeurs des cases ombrées ne sont pas à relever sur le diagramme

	θ_s [°C]	θ_h [°C]	θ_r [°C]	h [kJ/kg]	H_r [%]	X [geau/kgas]
Point 1						
Point 2						
Point 3						
Point 4						
Point 5						
Point 6						
Point 7						
Point 8						
Point 9						
Point 10						
Point 11						



h-x Diagram,
diagramme, chart, diagram, diagram
 $p = 1013 \text{ mbar}$

Umrekningsfaktor Facteur de transformation Conversion factor Correlazione per altitudine Omrekeningfaktor Omreëningsfaktor		h (kJ/kg)									
H	m	0	200	400	600	800	1000	1500	2000		
ρ	kg/m ³	1.204	1.193	1.183	1.173	1.163	1.153	1.143	1.133	1.123	1.113
ρ	kg/m ³	1	0.970	0.950	0.930	0.910	0.890	0.870	0.850	0.830	0.810
ρ	kg/m ³	1	0.970	0.950	0.930	0.910	0.890	0.870	0.850	0.830	0.810



Annexe 8 (Document à rendre)

Formulaire

Installation de chauffage solaire

Φ = Puissance unitaire du capteur x S / C

Φ : Puissance échangée [w]

S : Surface du capteur [m²]

C : Coefficient de pertes du à l'encrassement). C=1.2

Echangeurs :

Méthode DTLM • Formule d'Hausbrand :

$$\Phi = K.S.F.DTLM$$

avec S surface d'échange, K coefficient global d'échange et F le facteur de correction (voir courbes jointes dans les données complémentaires)

déterminées en fonction des quantités $R' = \frac{T_e - T_s}{t_s - t_e}$ et $P = \frac{t_s - t_e}{T_e - t_e}$

- DTLM représente la différence de température logarithmique moyenne :

$$DTLM = \frac{\Delta T_a - \Delta T_b}{\ln \frac{\Delta T_a}{\Delta T_b}}$$

avec ΔT_a et ΔT_b , écarts de température entrée/sortie échangeur.

Méthode du Nombre d'Unités de Transfert

- Efficacité : $E = \frac{\Phi}{\Phi_{\max}} = \frac{\Phi}{C_{\min} \cdot (T_{ce} - T_{fe})}$

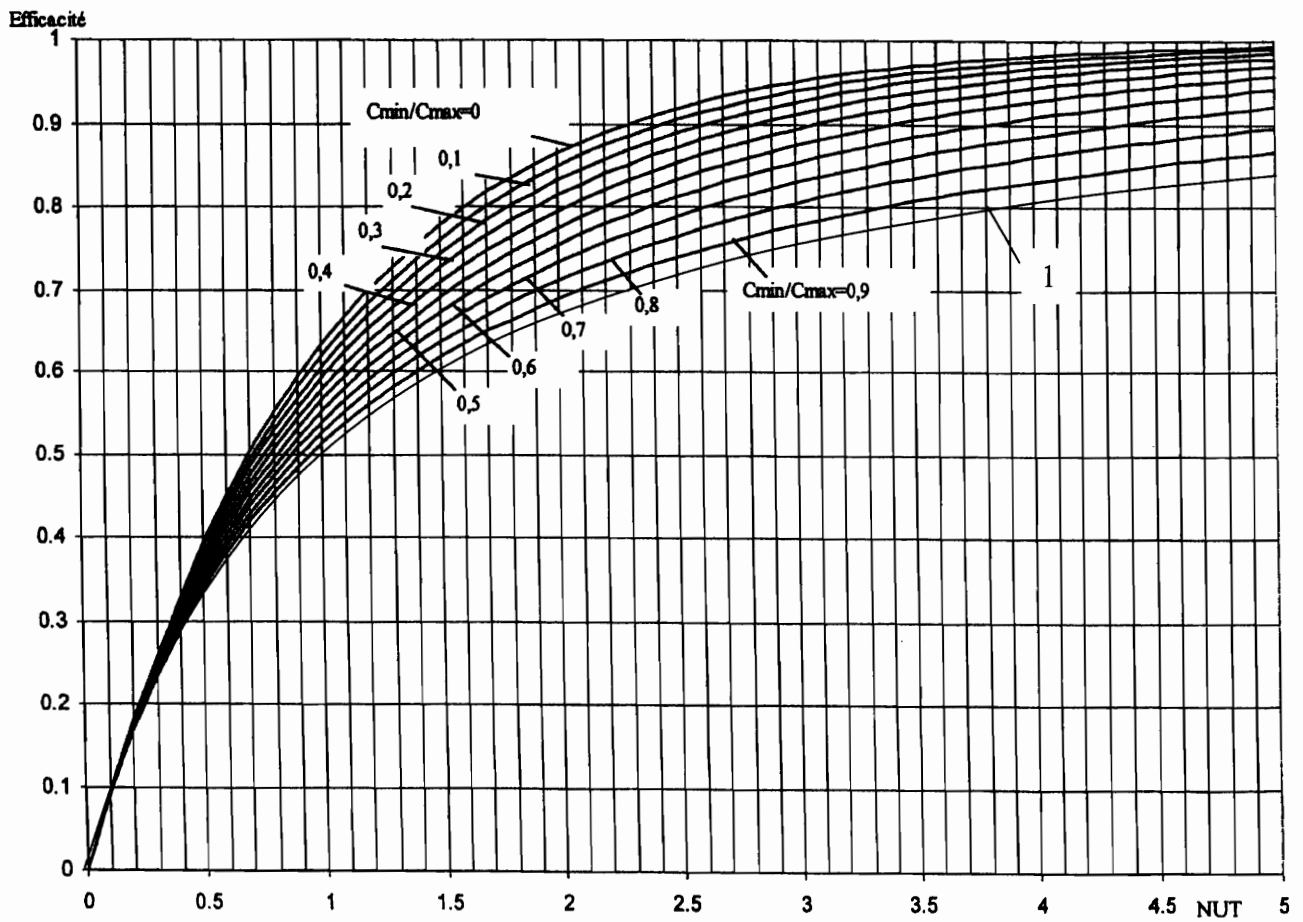
avec C_{\min} , capacité thermique minimale, on rappelle que $C = qm \cdot C_p$
 T_{ce} , T_{fe} : températures d'entrée des fluides chaud et froid.

- Nombre d'Unités de Transfert : $NUT = \frac{K.S}{C_{\min}}$ et $R = \frac{C_{\min}}{C_{\max}}$

avec S surface d'échange, K coefficient global d'échange.

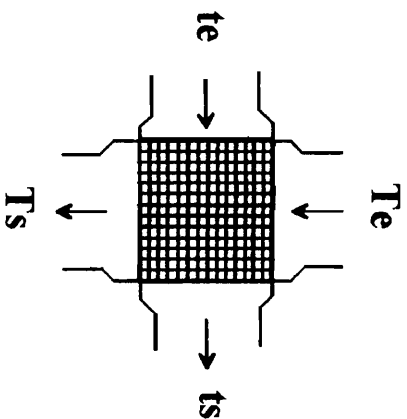
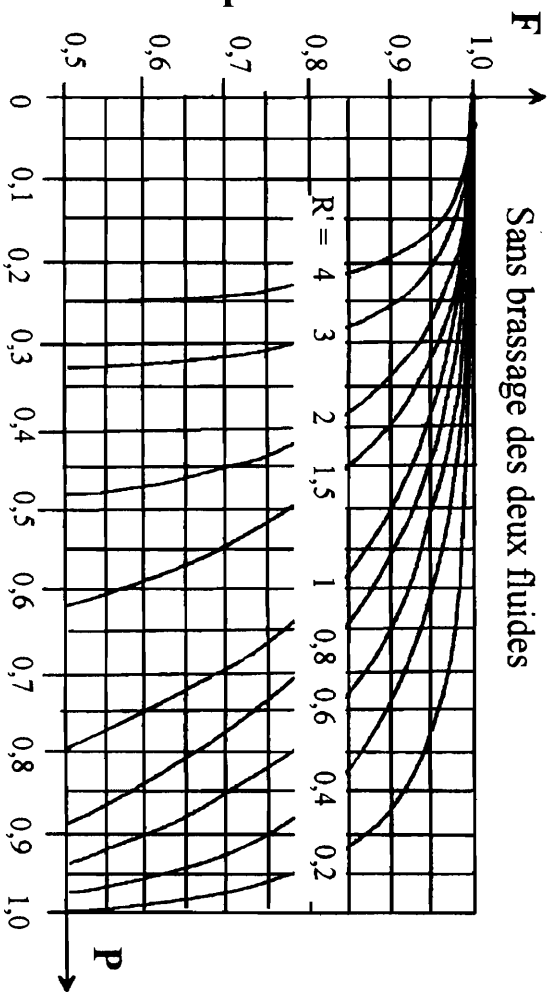
BTS FLUIDES ENERGIES ENVIRONNEMENTS – U.21		Session 2009
Fluidique – Energétique - Environnement	FEE2FLU	Page : 17/20

Les valeurs de E en fonction de NUT et R sont données sur les courbes jointes dans les données complémentaires



Facteur de correction (F) de la DTLM

Données complémentaires



Acoustique

- Niveau de pression acoustique en un point P en champ libre : $L_p = L_w + 10 \log \left[\frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot r^2} \right]$

Q étant le facteur de directivité de la source et r la distance de la source au point étudié en mètre

- Composition de plusieurs niveaux acoustiques : $L_{p_{total}} = 10 \cdot \log \left[\sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_{pi}}{10}} \right]$

- Valeurs des pondération A : en dB

Octaves	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Pondération A	-26	-16	-8	-3	0	+1	+1	+1

Traitement de l'eau :

- Tableau des correspondances pour 1[°F] en [mg/l]

[1°F]	[mg/l]
[Ca ²⁺]	4
[Mg ²⁺]	2.43
[HCO ₃ ⁻]	12.2
[CO ₃ ⁻]	12
[OH ⁻]	3.4