

SESSION 2012

CAPLP
CONCOURS EXTERNE

Section : GÉNIE CIVIL
Option : ÉQUIPEMENTS TECHNIQUES - ÉNERGIE

ÉPREUVE DE SYNTHÈSE

Durée : 5 heures

Calculatrice électronique de poche - y compris calculatrice programmable, alphanumérique ou à écran graphique – à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.

Dans le cas où un(e) candidat(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale très lisiblement sur sa copie, propose la correction et poursuit l'épreuve en conséquence.

De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement.

NB : Hormis l'en-tête détachable, la copie que vous rendrez ne devra, conformément au principe d'anonymat, comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé comporte notamment la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de signer ou de l'identifier.

▪ **Constitution du sujet**

Le sujet contient 24 pages.

Présentation du site p 3

Questions à traiter p 4 à 15

Documents techniques et ressources :

DT1 : Evolution de l'air dans l'échangeur..... p 16

DT2 : Formulaire échangeurs p 17

DT3 : Facteur de correction (F) – Méthode ΔTLM - échangeurs p 18

DT4 : Méthode du NUT - échangeurs p 19

Documents réponses :

DR1 : Diagramme de l'air humide – Etude été (format A4) p 20

DR2 : Points caractéristiques du traitement de l'air (Eté et Hiver) p 21

DR3 : Diagramme de l'air humide – Etude hiver (format A4) p 22

DR4 : Diagramme enthalpique du R410A p 23

DR5 : Points caractéristiques du cycle frigorifique p 24

Le sujet comporte 5 parties totalement indépendantes, qui seront traitées sur des feuilles de copies séparées. Les documents réponses seront remis dans les feuilles de copies correspondantes.

Dans une même partie, de nombreuses questions sont aussi indépendantes.

Pour l'ensemble de l'étude, l'évaluation prendra en compte :

- La pertinence des méthodes et des éventuelles hypothèses
- La précision et l'analyse des résultats
- La qualité de la rédaction et le soin des tracés

Concours externe CAPLP Génie civil option ETE		Session 2012
Repère épreuve	Epreuve de synthèse	Page 2 / 24
Durée : 5 heures		

Tournez la page S.V.P.

(B)

▪ Présentation du site

Vous êtes chargé de l'étude des équipements techniques d'une salle de spectacle pouvant accueillir de 450 personnes assises à 1500 personnes debout pour un concert.
Une extension de cette salle est prévue par la création d'une salle de conférence.



Lors de l'extension de cette salle de spectacle, le maître d'œuvre s'est ainsi donné deux objectifs impératifs :

- Améliorer les performances acoustiques et thermiques de la salle,
- Réduire les consommations d'énergie et les émissions de CO₂.

La partie 1 traite le dimensionnement de la CTA de la salle de réunion prévue dans l'extension.

La partie 2 étudie le choix d'un récupérateur de chaleur sur cette CTA.

La partie 3 traite l'amélioration acoustique et thermique de la salle de spectacle.

La partie 4 traite le dimensionnement du groupe frigorifique nécessaire pour l'extension.

La partie 5 étudie le changement de la chaufferie fioul existante par une chaufferie bois, et de son impact environnemental.

Concours externe CAPLP Génie civil option ETE		Session 2012
Repère épreuve	Epreuve de synthèse	Page 3 / 24
Durée : 5 heures		

Partie 1 : Climatisation de la salle de réunion

On envisage l'installation d'une centrale de traitement d'air pour le conditionnement d'air de la salle de réunion. On cherche à déterminer les éléments caractéristiques de la centrale et à réaliser un schéma de principe de celle-ci.

Données :

- Conditions extérieures :

	Hiver	Eté
Température sèche	-7°C	32°C
Humidité relative	90 %	35 %

- Conditions intérieures :

	Eté		Hiver	
	Température sèche	Humidité relative	Température sèche	Humidité relative
Local climatisé	26°C	50 ± 10 %	19°C	50 ± 10 %

- Le renouvellement d'air est de 30 m³/h (aux conditions intérieures) par occupant.
- La salle de réunion accueille au maximum 60 personnes.
- Charges pour une personne : Puissance totale = 110 W/pers
Humidité = 70 g_e/h.pers
- Hypothèse : le débit volume de soufflage du ventilateur est constant quelque soit la saison.
- Volume de la salle = 363 m³.

ETE :

- Les apports de chaleur externes totaux sont de 7,1 kW.
- L'écart de soufflage est en été de 8 K.
- La température θ_{FPT} de fin de processus théorique (point FPT) de la batterie froide humide, appelée aussi température moyenne de surface, sera à déterminer.

HIVER :

- Les déperditions thermiques totales sont de 8 kW.
- Ecart de soufflage : à déterminer

Travail demandé :

1.1. Evolution en été

A partir des données ci-dessus :

- Déterminer les charges totales : H_o [W] et M [kg_{eau}/h].
- Tracer la droite de soufflage et placer le point de soufflage S sur le diagramme (DR 1).
- Relever les caractéristiques des points Extérieur (E), Intérieur (I) et de soufflage (S) et compléter le tableau DR 2.
- Déterminer le débit masse et volume de soufflage.
- Calculer le taux d'air neuf. En déduire le point de mélange M sur le diagramme (DR 1), compléter le tableau DR 2.
- Tracer l'évolution de l'air dans la batterie froide (DR 1).

Concours externe CAPLP Génie civil option ETE		Session 2012
Repère épreuve	Epreuve de synthèse	Page 4 / 24
Durée : 5 heures		

1.2. Dimensionnement des équipements en été

- Déterminer la puissance de la batterie froide.
- Déterminer le débit d'eau condensé sur la batterie froide.
- Relever la température de fin de processus théorique θ_{FPT} , quel doit être le régime d'eau glycolée de la batterie froide s'il y a un écart entrée – sortie de 6 K.
- Déterminer l'efficacité de la batterie froide.

1.3. Evolution en hiver

On se place dans le cas le plus défavorable :

Occupation nulle (pas de charge par les personnes)

Débit minimal d'air neuf à assurer : 2 vol/h aux conditions intérieures.

- Déterminer les charges totales : H_o [W] et M [$\text{kg}_{\text{eau}}/\text{h}$]

On considère que le débit volume déterminé en été est de **1,09 m³/s.**

- Déterminer le point de soufflage S.
- Déterminer le débit masse de soufflage du ventilateur.
- Tracer l'évolution de l'air en hiver. On nommera C le point de sortie de la batterie chaude. (DR 3).
- Relever les caractéristiques des points et compléter le tableau DR 2.

1.4. Dimensionnement des équipements en hiver

- Déterminer les éléments à prévoir et leurs caractéristiques pour assurer la climatisation en hiver.

1.5. Schéma de principe de la centrale

- Réaliser un schéma de principe de la centrale de traitement d'air en toute saison.

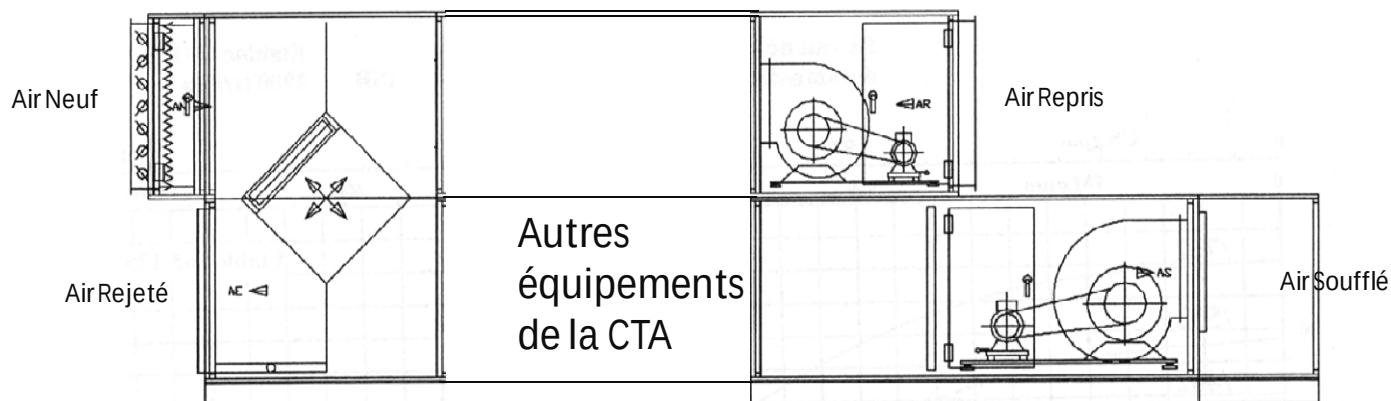
Concours externe CAPLP Génie civil option ETE		Session 2012
Repère épreuve	Epreuve de synthèse	Page 5 / 24
Durée : 5 heures		

Partie 2 : Echangeur récupérateur de chaleur

Afin de réaliser des économies d'énergie dans la salle de conférence on étudie la pertinence d'installer un échangeur récupérateur de chaleur sur la CTA qui équipera celle-ci.

Cette C.T.A. sera de type double flux. Elle sera équipée d'un récupérateur aéraulique qui assure un échange de chaleur entre l'Air Neuf (A.N.) et l'Air Repris (A.Repris). Le modèle installé est un échangeur à plaques à courants croisés (**sans brassage sur les deux fluides**).

Un schéma de l'implantation de cet échangeur récupérateur vous est fourni, seuls les ventilateurs de la CTA sont représentés :



On se propose de déterminer les caractéristiques des fluides, d'évaluer les performances de l'appareil.

Hypothèses à considérer

Le rendement d'échange de l'échangeur est égal à 100%.

Les débits **volumes** côté Air Neuf et Air Repris sont identiques.

Les débits masses seront calculés avec les caractéristiques des airs au niveau des ventilateurs.

Données de calcul :

- Coefficient global d'échange : $100 \text{ [W/m}^2\cdot\text{K]}$
- Capacité thermique massique de l'air : $1005 \text{ [J/kg}\cdot\text{K]}$
- Débits volumes Air Neuf et Air Repris au niveau de l'échangeur : $1800 \text{ [m}^3\text{/h]}$

Concours externe CAPLP Génie civil option ETE		Session 2012
Repère épreuve	Epreuve de synthèse	Page 6 / 24
Durée : 5 heures		

Tournez la page S.V.P.

Travail demandé :

2.1. Dimensionnement de l'échangeur en hiver

Données de calcul :

On désire obtenir la température de sortie de l'Air Neuf après le récupérateur à 10°C.

- Air Neuf (ANF) : (-7 [°C] , 90%)
- Air Repris (REP) : (19 [°C] , 50%)
- Air Rejeté (AJT) : (7 [°C] , 82%)

Les évolutions de l'Air Neuf et de l'Air Repris dans l'échangeur sont représentées sur le diagramme (DT 1).

- *Expliquer pourquoi l'évolution de l'air repris n'est pas horizontale.*
- *Déterminer les débits masses dans les deux veines d'air de l'échangeur.*
On considèrera que le point S de soufflage est (27°C , 30%).
- *Evaluer par la méthode des ΔTLM la surface d'échange à mettre en œuvre.*
Documents DT2 et DT3.

2.2. Evolution en été

Données de calcul :

Le fournisseur dispose d'un échangeur dont la surface est $S = 10 \text{ m}^2$.

- Air Neuf (ANF) : (32 [°C] , 35%)
- Air Repris (REP) : (26 [°C] , 50%)
- *Déterminer les débits masses dans les deux veines d'air de l'échangeur.*
On considèrera que le point S de soufflage est S (18°C , 75%).
- *Calculer l'efficacité de l'échangeur et en déduire la puissance d'échange.*
Documents DT2 et DT4.
- *Déterminer les températures en sortie de l'échangeur sur les deux veines d'air.*

Concours externe CAPLP Génie civil option ETE		Session 2012
Repère épreuve	Epreuve de synthèse	Page 7 / 24
Durée : 5 heures		

Partie 3 : Correction acoustique et isolation thermique de la salle de concert

L'étude porte sur la correction acoustique de la salle de concert. En effet, celle-ci est apparue trop réverbérante, on désire corriger le temps de réverbération en recouvrant le plafond d'un matériau adéquat. On profite alors de ces travaux pour isoler thermiquement le plafond et réaliser des économies de chauffage.

La partie 3.A traite de la correction acoustique.

La partie 3.B traite de l'isolation thermique.

Les parties 3.A et 3.B sont totalement indépendantes.

PARTIE 3.A : Correction acoustique de la salle de concert

On désire corriger le niveau acoustique de la salle de concert.

Données :

- Les dimensions de la salle sont les suivantes :
 - Longueur $L = 28$ m
 - largeur $l = 17$ m
 - hauteur $h = 7$ m
- Les ouvertures se composent de la façon suivante :
 - 3 portes en bois de surface 4 m^2 chacune
 - 2 portes en bois de surface 6 m^2 chacune
 - 6 fenêtres de surface 6 m^2 chacune.
- La correction acoustique est étudiée pour la fréquence de 1000 Hz.
- La salle de concert peut accueillir 450 personnes. Chaque personne a une surface équivalente acoustique de $0,5 \text{ m}^2$ à 1000 Hz.
- Les coefficients d'absorption α à la fréquence de 1000 Hz des matériaux revêtant les surfaces de ce local :

Revêtement	Coefficient d'absorption α
Mur	0,04
Porte en bois	0,09
Plafond en plâtre	0,04
Sol en bois	0,07
Fenêtre en simple vitrage	0,12

Concours externe CAPLP Génie civil option ETE		Session 2012
Repère épreuve	Epreuve de synthèse	Page 8 / 24
Durée : 5 heures		

Tournez la page S.V.P.

Rappels :

- La formule de Sabine s'écrit :
$$Tr = 0,16 \frac{V}{A_{eq}}$$
 - Tr : temps de réverbération du local [s]
 - V : Volume du local [m³]
 - A_{eq} : Aire d'absorption équivalente du local [m²]
- $$A_{eq} = \sum_i \alpha_i \times A_i$$
 - α_i : Coefficient d'absorption de la paroi i
 - A_i : Aire de la paroi i [m²]

Travail demandé :

3.1. Temps de réverbération du local

- Rappeler la définition du temps de réverbération.
- Déterminer la quantité A_{eq} pour le local étudié.
- Calculer le temps de réverbération Tr du local.

3.2. Correction du temps de réverbération du local

Ce temps de réverbération est trop grand.

On va le corriger en le ramenant à Tr' = 0,8 s.

- Déterminer la nouvelle aire d'absorption équivalente A_{eq}' nécessaire.
- On effectue cette correction en recouvrant la totalité du plafond d'un matériau absorbant. Quel matériau, pris dans le tableau ci-dessous, faut-il choisir pour obtenir cette correction ?

Matériaux	α à 1000 Hz
Soundalle	0,54
Dall'nat	0,59
Spanglass	0,62
Permacoustic	0,75
Sonrex	0,80

PARTIE 3.B : Isolation thermique de la salle de concert

On désire profiter de la correction acoustique du plafond de la salle de concert pour réduire les déperditions de celle-ci. Le plafond est peu isolé avant rénovation.

Données :

- Les dimensions de la salle sont les suivantes :
 - Longueur $L = 28$ m
 - largeur $l = 17$ m
 - hauteur $h = 7$ m

Travail demandé :

3.3 Résistance thermique du plafond actuel

- Actuellement (sans corrections acoustique et thermique) les déperditions de la salle sont de 20 kW pour une température intérieure de 19 °C et extérieure de – 7°C.
 - On estime que les déperditions par le plafond représentent 40 % des déperditions totales de la salle.
- Déterminer la résistance thermique globale du plafond actuel R_{plafond} [$\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$].

3.4 Epaisseur d'isolation à placer

- On désire diminuer les déperditions actuelles totales de la salle de concert d'au moins 20% en plaçant un isolant de conductivité thermique $\lambda = 0,035$ W/m.K entre le plafond existant et le matériau acoustique.
 - Le matériau acoustique absorbant choisi à la question 3.2 a une épaisseur de 4 cm et une conductivité thermique $\lambda = 0,08$ W/m.K.
- Déterminer la résistance thermique globale minimale que le plafond doit atteindre.
- Déterminer alors l'épaisseur minimale de la couche isolante à placer entre le plafond existant et le matériau acoustique.

Concours externe CAPLP Génie civil option ETE		Session 2012
Repère épreuve	Epreuve de synthèse	Page 10 / 24
Durée : 5 heures		

Partie 4 : Production de froid

L'étude proposée porte sur l'évaluation des performances de la production frigorifique.

L'étude des besoins en climatisation de l'aménagement de la salle de conférence de l'Espace Ligéria nous a donné un bilan de 28 kW dans les conditions les plus défavorables.

- Après une campagne de mesure, on désire contrôler les performances du refroidisseur de liquide (régime 7°C/12°C) à condensation à air.
- Le refroidisseur de liquide est composé d'un circuit comprenant un seul compresseur.

Les caractéristiques de l'installation sont :

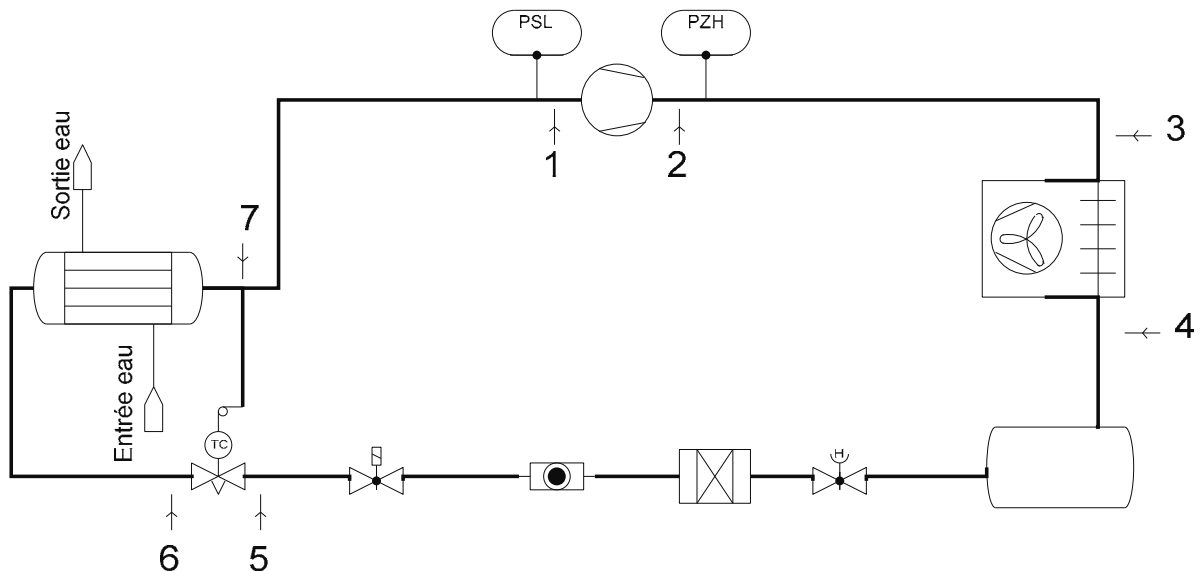
- Fluide frigorigène : R410A
- Débit volumique théorique ou balayé de compresseur 24 m³/h
- Pression de condensation : 25 bars absolus
- Pression d'évaporation : 8 bars absolus
- Surchauffe de la tuyauterie d'aspiration : 3 K
- Désurchauffe des vapeurs dans la tuyauterie de refoulement : 7 K
- Sous refroidissement au condenseur : 3 K
- Sous refroidissement de la ligne liquide : 5 K
- Surchauffe dans l'évaporateur : 5 K
- Compression assimilée à la compression isentropique.
- Le rendement volumétrique η_v est estimé égal à $1 - 0,04 \times \tau$
Où τ est le taux de compression.
- Le rendement indiqué du compresseur : $\eta_i = \eta_v$
- Le rendement mécanique du compresseur = 0,9
- Le rendement du moteur électrique = 0,91
- On suppose que la température de sortie compresseur est supérieure de 5 K par rapport à celle obtenue avec une compression isentropique.
- Les pertes de charge du circuit frigorifique sont négligeables.

Concours externe CAPLP Génie civil option ETE		Session 2012
Repère épreuve	Epreuve de synthèse	Page 11 / 24
Durée : 5 heures		

Travail demandé :

4.1. Tracé du cycle frigorifique

- Tracer le cycle frigorifique sur le diagramme enthalpique (DR 4).
- Relever les valeurs des points caractéristiques 1 à 7 et compléter le tableau à partir du diagramme enthalpique (DR 5).



4.2. Calcul des puissances

- Calculer le débit masse du fluide frigorigène en $[\text{kg/s}]$ et en $[\text{kg/h}]$
- Calculer la puissance utile de la machine frigorifique.
- Calculer la puissance au condenseur.
- Calculer l'effet frigorifique net de l'installation en $[\text{kJ/kg}]$.
- Calculer la puissance électrique absorbée par le moteur du compresseur.
- Calculer du COP de la machine frigorifique.

Concours externe CAPLP Génie civil option ETE		Session 2012
Repère épreuve	Epreuve de synthèse	Page 12 / 24
Durée : 5 heures		

Tournez la page S.V.P.

Partie 5 : Combustion

Afin d'assurer la rénovation de la chaufferie on désire abandonner la production de chauffage par le fioul et d'étudier les caractéristiques d'une chaudière bois.

- On vous demande d'étudier dans une première partie la combustion du bois et l'impact sur l'environnement.
- On vous demande dans une seconde partie de vérifier le dimensionnement du conduit de cheminée.

La partie 5.A traite de la combustion du bois

La partie 5.B traite du dimensionnement du conduit de fumée.

Les parties 5.A et 5.B sont totalement indépendantes.

PARTIE 5.A : Etude de la combustion du bois

Données :

- La composition massique du bois :

C	S	O ₂	N ₂	H ₂
46 %	4 %	43 %	1 %	6 %

- L'excès d'air :

- 35 %

- Les masses molaires:

- Carbone C : 12 g/mol
- Oxygène O : 16 g/mol
- Soufre S : 32 g/mol
- hydrogène H : 1g/mol
- Azote N : 14 g/mol

- La composition volumique de l'air :

O ₂	N ₂
21 %	79 %

- Le volume molaire des gaz dans les conditions normales de températures et de pression (CNTP) : 22,4 l/mol
- Le pouvoir calorifique inférieur (PCI) du bois : 4 kWh/kg
- Le pouvoir calorifique inférieur (PCI) du fioul domestique : 11,66 kWh/kg
- L'émission de CO₂ du fioul domestique : 3,91 kg_{CO2}/kg_{fioul}

Travail demandé :

Les questions 5.1., 5.2. et 5.3. sont indépendantes.

5.1. Combustion stœchiométrique du bois

- Ecrire et équilibrer les équations de combustion des constituants du bois,
- Montrer que le volume de CO_2 dégagé par la combustion complète d'un kg de bois est de $V_{\text{CO}_2} = 0,859 \text{ m}^3(\text{n})/\text{kg}_{\text{bois}}$.
- Montrer que le pouvoir comburivore V_a du bois en $\text{m}^3(\text{n})$ d'air par kg de bois est de $V_a = 4,39 \text{ m}^3(\text{n})/\text{kg}_{\text{bois}}$.
- Montrer que le pouvoir fumigène sec V_{fo} en $\text{m}^3(\text{n})$ d'air par kg de bois est de $V_{fo} = 4,36 \text{ m}^3(\text{n})/\text{kg}_{\text{bois}}$.
- Montrer que le pouvoir fumigène humide $V_{f'o}$ en $\text{m}^3(\text{n})$ d'air par kg de bois est de $V_{f'o} = 5,04 \text{ m}^3(\text{n})/\text{kg}_{\text{bois}}$.

5.2. Etude des fumées en conditions réelles

- On prendra les valeurs de V_a et $V_{f'o}$ données dans la partie 5.1.
- Si on souhaite brûler 25 kg de bois par heure, quel est le débit d'air à prévoir ? (Excès d'air 35 %). On prendra $\theta_{\text{air}} = 20^\circ\text{C}$.
- Quel est le débit de fumées humides V_{F_H} à évacuer (en m^3/h) ? On prendra $\theta_{\text{fumée}} = 190^\circ\text{C}$.

5.3. Impact environnemental

- On prendra les valeurs données de V_{CO_2} dans la partie 5.1.
- La consommation de bois envisagée est de 30 tonnes par an. Quel sera le volume de CO_2 dégagé par la combustion complète de ce bois ?
- Justifier le fait que l'on considère que l'utilisation du bois comme combustible n'entraîne pas de rejet de CO_2 dans l'atmosphère.
- Calculer l'énergie en kWh dégagée par la combustion des 30 tonnes de bois.
- Dédire de la question précédente, la masse de CO_2 qui serait libérée dans l'atmosphère si la chaudière fioul actuelle est de même rendement que la chaudière bois.

Concours externe CAPLP Génie civil option ETE		Session 2012
Repère épreuve	Epreuve de synthèse	Page 14 / 24
Durée : 5 heures		

Tournez la page S.V.P.

PARTIE 5.B : Vérification du dimensionnement du conduit de fumée

Données :

- La hauteur du conduit de fumée : 5 m
- Le diamètre intérieur du conduit de fumée : 200 mm
- Le débit de fumée à 190 °C : 280 m³/h
- L'expression du tirage du conduit de fumée :

Tirage = effet moteur – pertes de charge des fumées

- L'expression de l'effet moteur du conduit de fumée (en Pascal) :

Effet moteur = $g \times h \times (\rho_{\text{amb}} - \rho_{\text{fumée}})$

Avec h : hauteur du conduit de fumée en m

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$

ρ_{amb} = masse volumique de l'air ambiant = 1,17 kg/m³

$\rho_{\text{fumée}}$ = masse volumique des fumées à 190 °C = 0,76 kg/m³

- Le coefficient de perte de charge linéaire du conduit de fumée : $\lambda = 0,03$
- Les singularités du conduit de fumée : 1 té de coefficient $\xi = 1,6$

Travail demandé :

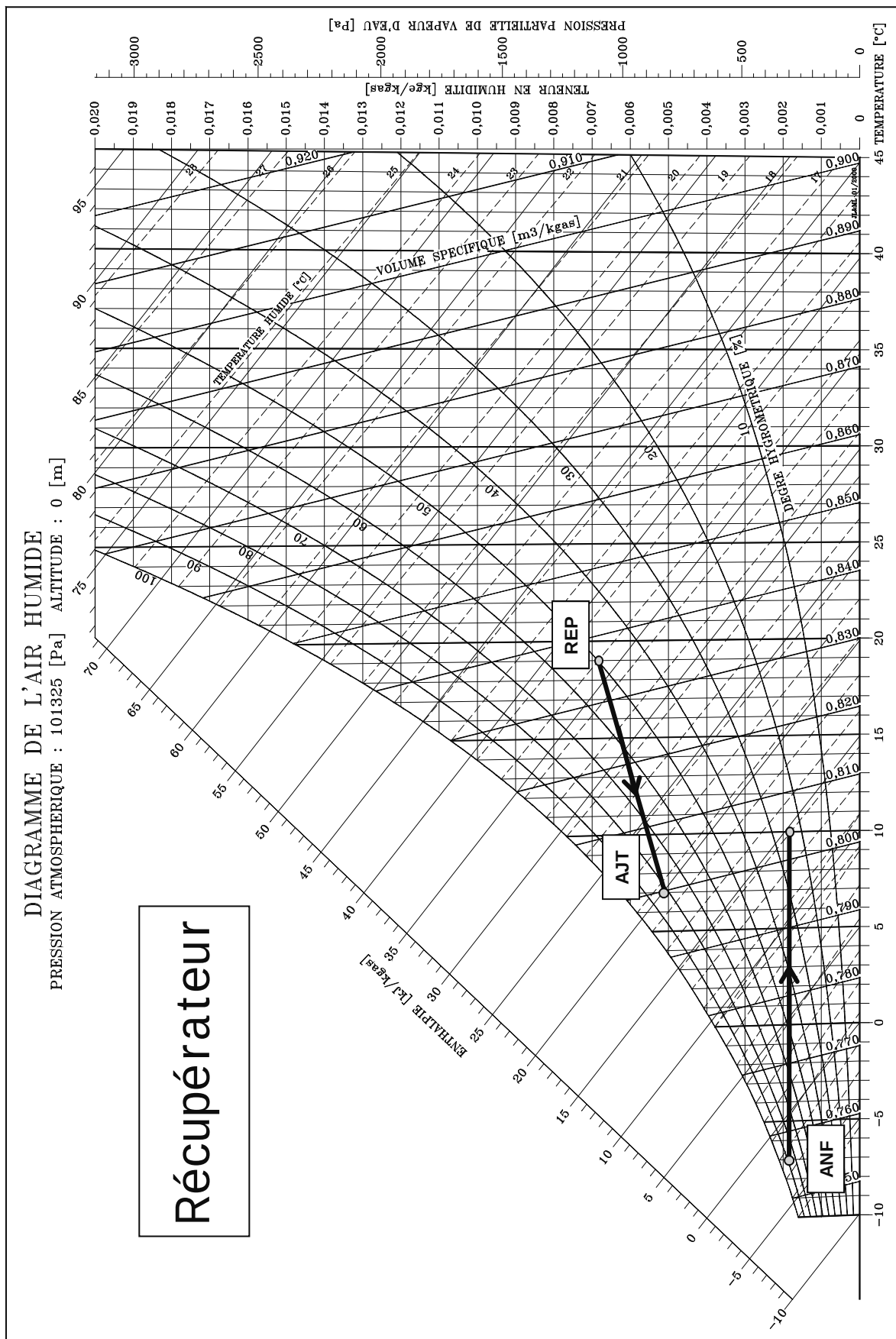
5.4. Vérification du dimensionnement

- Calculer l'effet moteur du conduit de fumée.
- Calculer la perte de charge des fumées dans le conduit.
- Le tirage préconisé par le constructeur de la chaudière étant de 15 Pa, le conduit est-il correctement dimensionné ? Si non quelle(s) modification(s) faut-il apporter ?

Concours externe CAPLP Génie civil option ETE		Session 2012
Repère épreuve	Epreuve de synthèse	Page 15 / 24
Durée : 5 heures		

DOCUMENT Ressource : DT 1

Diagramme de l'air humide – Echangeur (pour question 2.1)



DOCUMENTATION TECHNIQUE : DT 2
Formulaire échangeurs

Méthode ΔTLM

- Formule d'Hausbrand : $\Phi = k \cdot S \cdot F \cdot \Delta TLM$ Puissance échangée [W]

Avec S surface d'échange, k coefficient global d'échange
 et F le facteur de correction (voir courbes suivantes DT 3) déterminé en fonction des
 quantités $R' = \frac{T_e - T_s}{t_s - t_e}$ et $P = \frac{t_s - t_e}{T_e - t_e}$

- ΔTLM représente la différence de température logarithmique moyenne :

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

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

Méthode du Nombre d'Unités de Transfert

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

avec $C_{\min}$, capacité thermique minimale, on rappelle que $C = q_m \cdot C_p$

q_m : débit massique [kg/s]

C_p : capacité thermique massique [J/kg.K]

T_{ce} , T_{fe} : températures d'entrée des fluides chaud et froid.

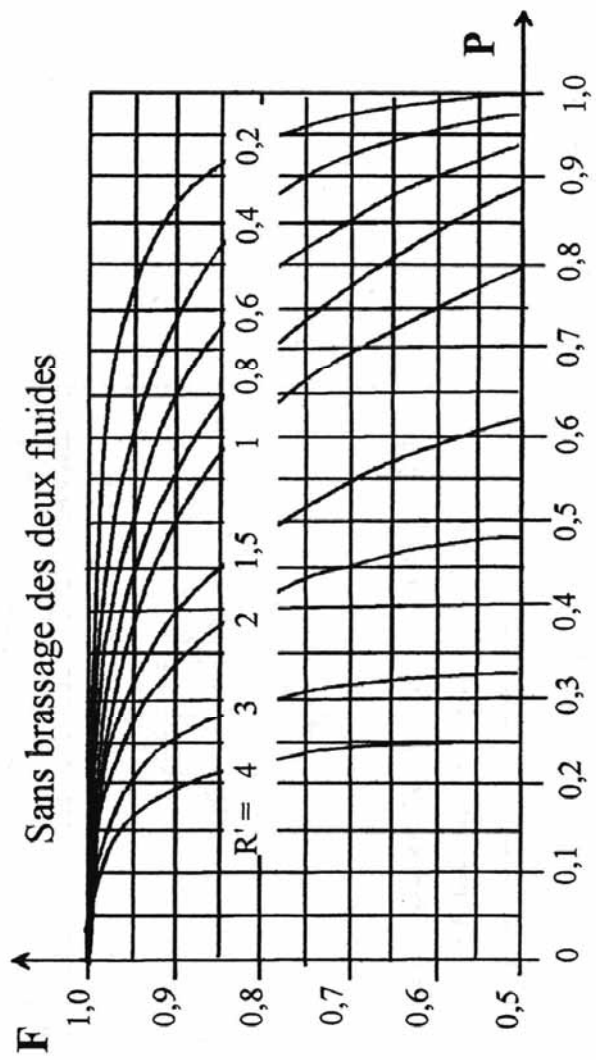
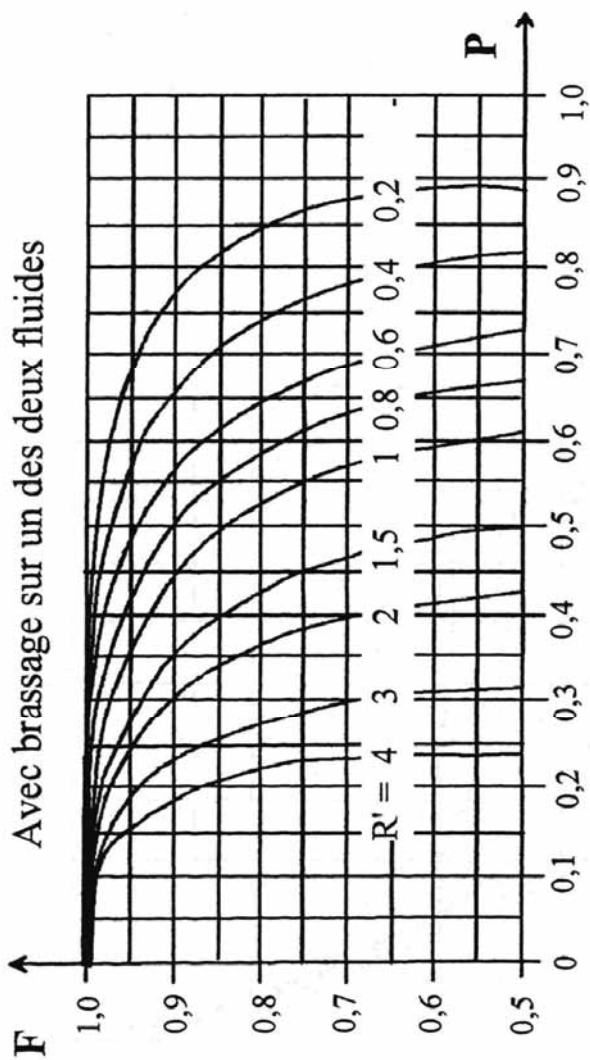
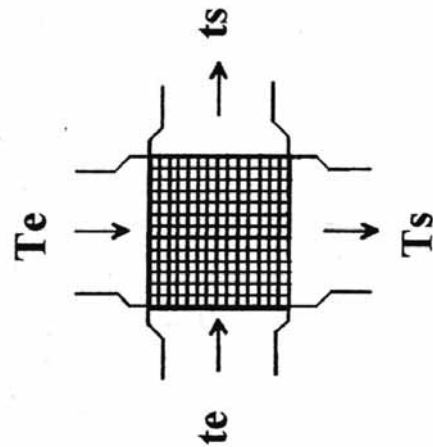
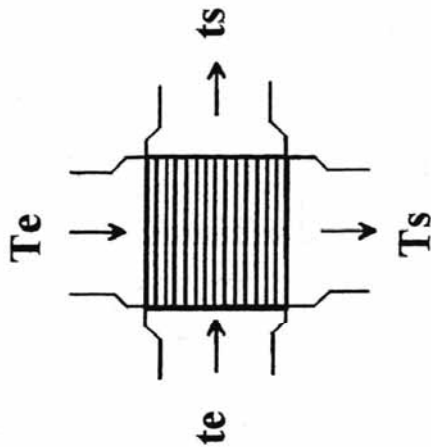
- Nombre d'Unités de Transfert : $NUT = \frac{k \cdot S}{C_{\min}}$ et $R = \frac{C_{\min}}{C_{\max}}$

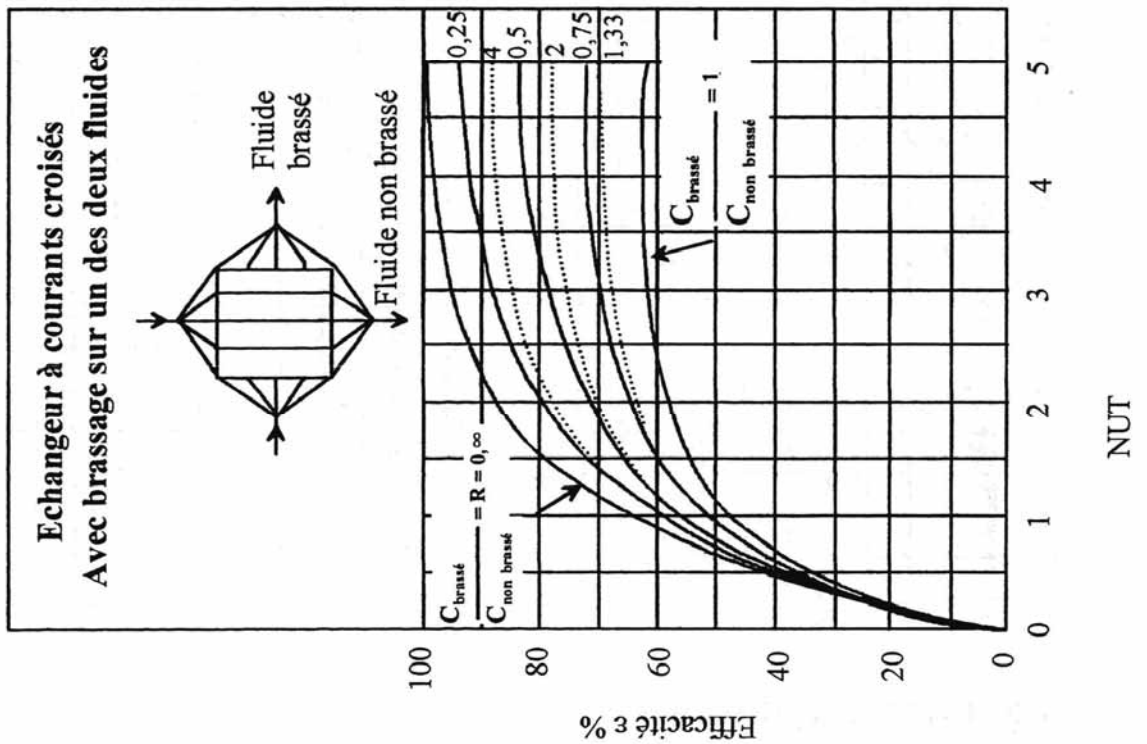
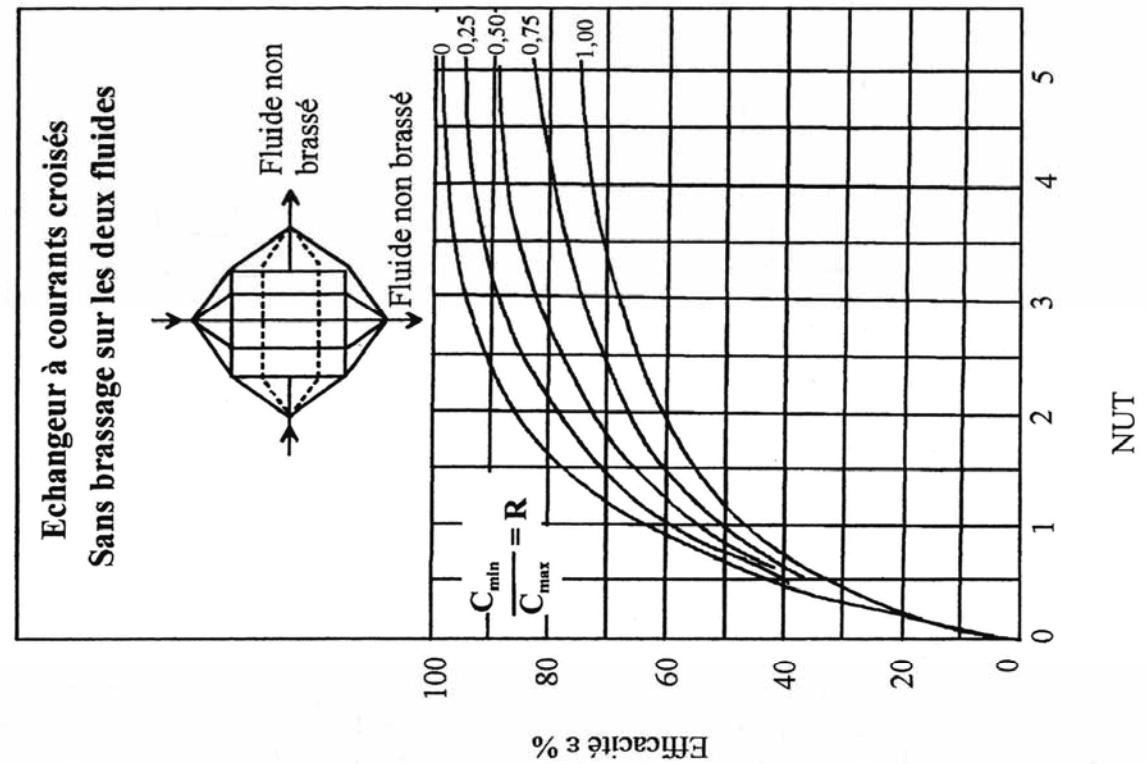
avec S surface d'échange, k coefficient global d'échange.

Les valeurs de E en fonction de NUT et R sont données sur les courbes suivantes (DT 4).

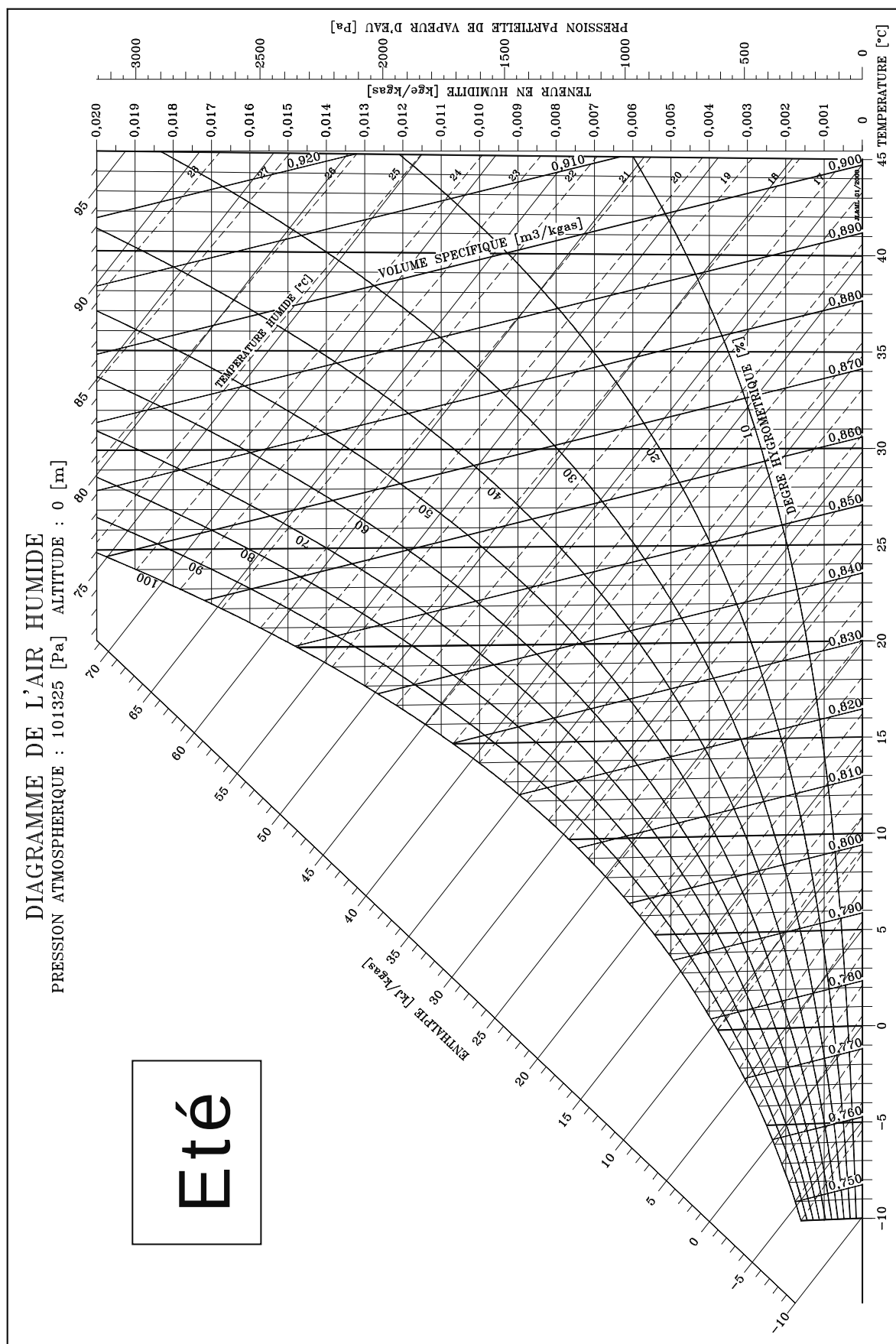
Concours externe CAPLP Génie civil option ETE		Session 2012
Repère épreuve	Epreuve de synthèse	Page 17/ 24
Durée : 5 heures		

DOCUMENTATION TECHNIQUE : DT 3
Facteur de correction (F) – Méthode ΔT_{LM}





DOCUMENT REPONSE : DR 1
Diagramme de l'air humide (pour question 1.1)



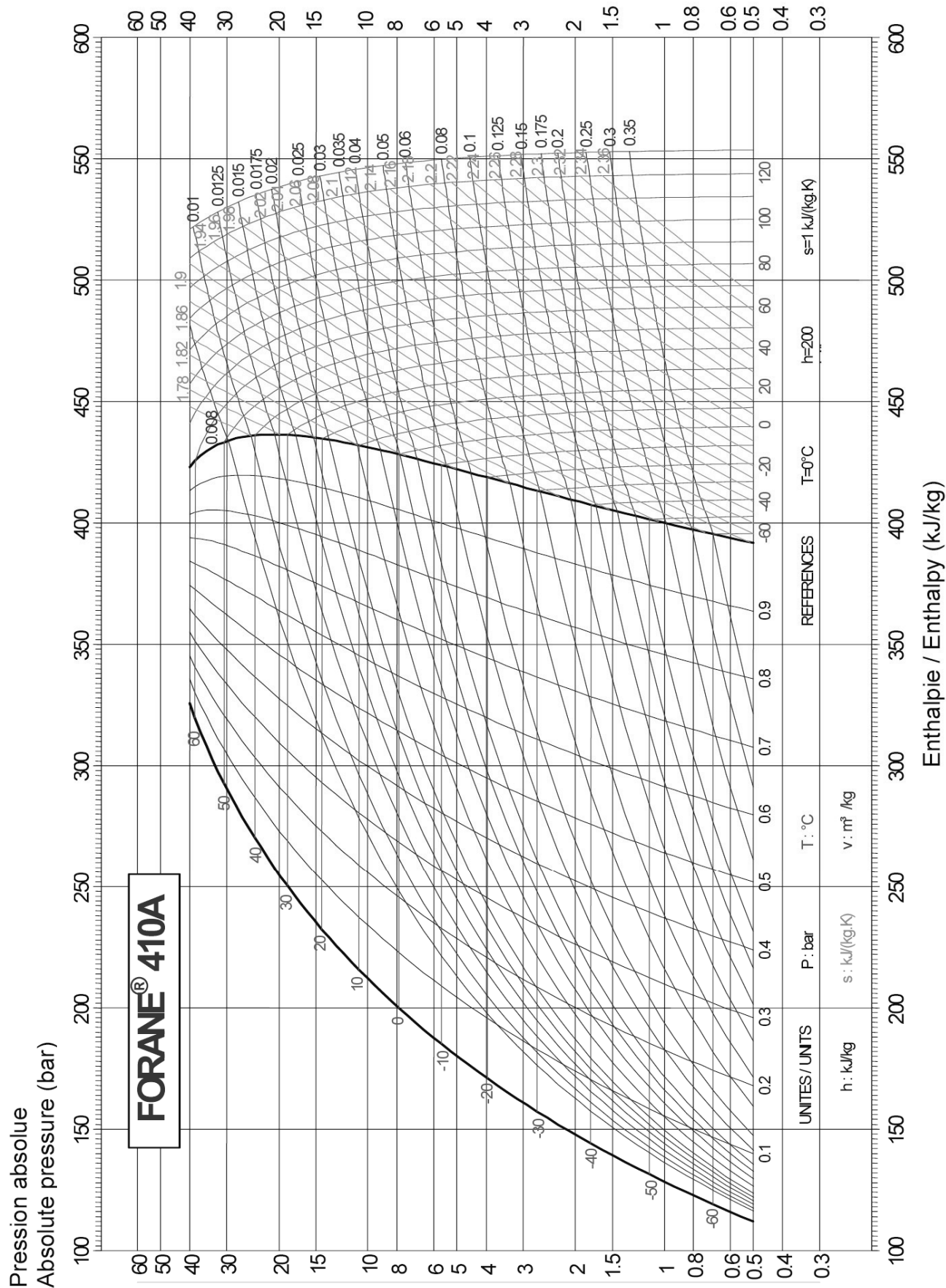
DOCUMENT REPONSE : DR 2
Points caractéristiques du traitement d'air (pour questions 1.1 et 1.3)

Conditions de base été					
Points	Température sèche [°C]	Hygrométrie [%]	Enthalpie spécifique [kJ/kg _{as}]	Teneur en humidité [kg _e /kg _{as}]	Volume spécifique [m ³ /kg _{as}]
E	32	35			
I	26	50			
S					
M					

Conditions de base hiver					
Points	Température sèche [°C]	Hygrométrie [%]	Enthalpie spécifique [kJ/kg _{as}]	Teneur en humidité [kg _e /kg _{as}]	Volume spécifique [m ³ /kg _{as}]
E	-7	90			
I	19	50			
S					
M					
C					

DOCUMENT REPONSE : DR 4

Diagramme enthalpique du fluide frigorigène R410A (pour question 4.1)



DOCUMENT REPONSE : DR 5

Points caractéristiques du cycle frigorifique (pour question 4.1)

Repère des points	Température [°C]	Pression absolue [Bar]	Enthalpie massique [kJ/kg]	Volume massique [m ³ /kg]	Titre en vapeur [%]	Titre en liquide [%]	Surchauffe [K]	Sous-refroidissement [K]
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								