

# BTS FLUIDES ÉNERGIES ENVIRONNEMENTS

## U.21 FLUIDIQUE ÉNERGÉTIQUE ENVIRONNEMENTS

**Session 2014**

**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 DR1 .....	page 15/24
Document DR2 .....	page 16/24
Document DR3 .....	page 17/24
Document DR4 .....	page 18/24
Document DR5 .....	page 19/24
Document DR6 .....	page 20/24
Document DR7 .....	page 21/24
Document DR8 .....	page 22/24

**Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.  
Le sujet comporte 24 pages, numérotées de 1/24 à 24/24.**

<b>BTS FLUIDES ÉNERGIES ENVIRONNEMENTS</b>		<b>Session 2014</b>
<b>Fluidique énergétique environnement</b>	<b>Code : FEE2FLU</b>	<b>Page 1/24</b>

# ÉTUDE DES ÉQUIPEMENTS D'UNE ÉCOLE DE MUSIQUE

Le bâtiment étudié est une école de musique située dans le Rhône. Cette école de musique constitue en fait l'extension d'un complexe existant comprenant une médiathèque, une salle d'expositions et une grande salle de spectacles de 400 places. L'école de musique proprement dite (partie neuve) comprend un RDC + 2 étages. Seul sera fourni le plan du RDC donné en page **11/24**.

Les principales salles du bâtiment sont :

## RDC

- 1 salle de concert (salle de répétition orchestre).
- 1 salle de répétition musique E1 (dans laquelle pourront se faire les enregistrements des groupes symphoniques).
- 1 salle de mixage/enregistrement E3.
- 1 salle d'enregistrement pour les chanteurs et les solistes E4.
- Diverses salles dont le bureau du directeur, le secrétariat etc.

## Étages 1 et 2

- 1 salle de danse.
- Diverses salles de cours individuels de musique.
- Des salles plus grandes destinées aux cours collectifs de solfège.
- 1 local technique CTA situé au R+2.
- 1 local technique VMC situé au R+2.

## Chauffage/climatisation/ventilation

### Production :

- la production de chaleur se fera par l'ajout d'une chaudière gaz supplémentaire dans la chaufferie du bâtiment existant ;
- la production d'eau glacée se fera par un groupe d'eau glacée situé à l'extérieur.

### Émission :

- la salle de concert sera climatisée par une CTA située en local technique au niveau R+2 ;
- les salles E1, E3, E4, le bureau directeur ainsi que la salle de danse seront chauffées/rafraîchies par des ventilo-convecteurs plafonniers ;
- les autres salles seront chauffées par radiateurs.

### Ventilation :

- la ventilation de la salle de concert est assurée par la CTA ;
- la ventilation des autres salles se fera grâce à une CTA d'air neuf double flux.

## Le sujet comporte 5 parties indépendantes :

Lecture de sujet	15 mn	
Partie 1 : climatisation de la salle de concert.	50 mn	20 points
Partie 2 : étude d'un réseau hydraulique.	50 mn	20 points
Partie 3 : étude aéraulique du réseau de soufflage.	45 mn	15 points
Partie 4 : étude du groupe frigorifique.	40 mn	15 points
Partie 5 : étude de la transmission du bruit entre 2 salles	40 mn	10 points

## PARTIE 1 : CLIMATISATION DE LA SALLE DE CONCERT.

La salle de concert est climatisée au moyen d'une centrale de traitement d'air à débit constant.

La centrale est composée des éléments suivants :

- un filtre,
- une batterie chaude de préchauffage électrique sur l'air neuf jusqu'à la température de 5°C,
- un caisson de mélange,
- une batterie à eau chaude,
- une batterie à eau glacée,
- un ventilateur centrifuge au soufflage (identique en été et en hiver),
- un ventilateur centrifuge sur la gaine de reprise.

### Données :

- Conditions extérieures :

SAISON	Température sèche °C	Humidité relative %
ÉTÉ	32	33
HIVER	- 8	90

- Conditions intérieures souhaitées :

SAISON	Température sèche °C	Humidité relative %
ÉTÉ	25	55
HIVER	20	Non contrôlée

- Charges subies par la salle de concert :

SAISON	Charges enthalpiques totales kW	Charges hydriques : kg/h
ÉTÉ	25	10
HIVER	- 30	9

- L'écart de température au soufflage en été est de 5°C.
- Débit-masse d'air neuf été et hiver : 1,3 kg/s.

## REMARQUES :

Vous renseignerez au fur et à mesure des questions, le tableau de points du document réponse **DR1** (page 15/24).

1. Réaliser le schéma de principe de la centrale de traitement d'air.
2. Déterminer les caractéristiques du point de soufflage en été et le débit-masse de soufflage.
- 3 Tracer les différentes évolutions de l'air à travers la CTA en été sur le document réponse **DR2** (page 16/24) et calculer la puissance de la batterie froide.
4. Montrer à partir d'un bilan hydrique que la teneur en eau à l'intérieur de la salle en hiver est environ de  $r_I=3,7 \text{ g}_{VE}/\text{kg}$ .
5. Déterminer le point de soufflage en hiver. On prendra un débit-masse de soufflage  $q_m=3,5 \text{ kg/s}$ .
6. Tracer les différentes évolutions de l'air à travers la CTA en hiver sur le document réponse **DR3** (page 17/24) et calculer les puissances des deux batteries chaudes.

## PARTIE 2 : ÉTUDE D'UN RÉSEAU HYDRAULIQUE.

Un groupe frigorifique à eau glacée permet d'alimenter la batterie froide de la centrale de traitement d'air et un réseau de ventilo-convecteurs (voir schéma de principe succinct en page 12/24).

**Remarque :** vous trouverez un formulaire (page 23/24).

**Les trois sous-parties peuvent être traitées séparément.**

### 1. Étude hydraulique de l'alimentation de la batterie froide de la CTA.

#### Données :

- on considère la partie du réseau entre A et B qui passe par la batterie froide de la CTA ;
- régime de température : 10°C/15°C ;
- puissance frigorifique nécessaire : 30,7 kW ;
- caractéristiques de l'eau :  $\rho = 1\,000\text{ kg/m}^3$  et  $c_p = 4,18\text{ kJ/(kg}^\circ\text{C)}$  ;
- caractéristiques du réseau :

Tronçon	$J_{\text{in}}\text{ Pa}$	$J_{\text{sing}}\text{ Pa}$ <small>On ne tient pas compte dans ce tableau des différentes vannes.</small>
AC	1300	670
C - batterie froide - D	750	2700
DB	1530	670

- Autorité de la vanne 3 voies : 0,5.

1.1 Calculer le débit-volume de l'eau en  $\text{m}^3/\text{s}$  et en  $\text{m}^3/\text{h}$ .

1.2 Déterminer le diamètre de la canalisation AB. La vitesse de l'eau ne doit pas dépasser 1 m/s.

#### Diamètres commerciaux des tubes aciers :

15,5x2	17,2x2	21,3x2,3	26,9x2,3	33,7x2,9	42,4x2,9
48,3x2,9	60,3x3,2	76,1x3,2	88,9x3,2	114,3x3,8	139,7x4,3

1.3 Donner le nom du type de montage de la vanne trois voies et déterminer sa perte de charge pour obtenir l'autorité souhaitée.

1.4 Calculer les pertes de charge totales notées  $J_{AB}$  du tronçon AB sans tenir compte des pertes de charge de la vanne d'équilibrage  $V_{E1}$ .

## 2. Équilibrage du réseau global.

### Données :

- Débits souhaités :
  - au niveau de la batterie froide de la CTA :  $q_{VCTA}=5,3 \text{ m}^3/\text{h}$ .
  - au niveau du circuit alimentant les ventilo-convecteurs :  $q_{VVC}=2 \text{ m}^3/\text{h}$ .
- Résistance hydraulique du tronçon AB alimentant les ventilo-convecteurs :  $Z_{VC}=4000 \text{ Pa}/(\text{m}^3/\text{h})^2$ .
- Pertes de charge du tronçon AB alimentant la batterie froide de la CTA sans tenir compte des pertes de charge de la vanne d'équilibrage  $V_{E1}$  :  $J_{AB}=11000 \text{ Pa}$ .

2.1 Déterminer la perte de charge de la vanne d'équilibrage  $V_{E1}$ .

2.2 Calculer la résistance hydraulique du tronçon AB alimentant la batterie froide de la CTA (vanne  $V_{E1}$  comprise) en  $\text{Pa}/(\text{m}^3/\text{h})^2$ .

## 3. Points de fonctionnement.

### Données :

- Débits souhaités :
  - au niveau de la batterie froide de la CTA :  $q_{VCTA}=5,3 \text{ m}^3/\text{h}$  ;
  - au niveau du circuit alimentant les ventilo-convecteurs :  $q_{VVC}=2 \text{ m}^3/\text{h}$ .
- Résistance hydraulique du tronçon AB alimentant les ventilo-convecteurs :  $Z_{VC}=4000 \text{ Pa}/(\text{m}^3/\text{h})^2$ .
- Résistance hydraulique du tronçon AB alimentant la batterie froide de la CTA :  $Z_{CTA}=570 \text{ Pa}/(\text{m}^3/\text{h})^2$ .
- Résistance hydraulique du tronçon BA alimentant l'évaporateur du groupe frigorifique :  $Z_{GF}=490 \text{ Pa}/(\text{m}^3/\text{h})^2$ .

3-1 Tracer sur le document réponse **DR4** (page 18/24) la courbe du réseau global et déterminer le point de fonctionnement.

3-2 On place une vanne de réglage en série avec la pompe afin d'obtenir le débit souhaité. Déterminer la perte de charge nécessaire que doit avoir cette vanne.

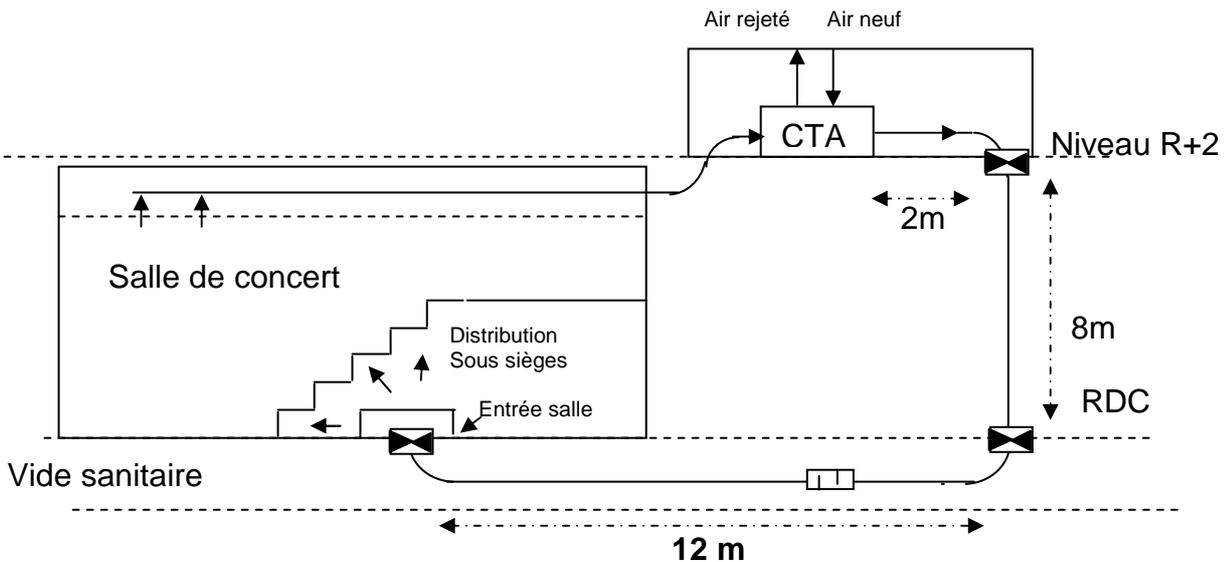
3-3 On ferme le circuit alimentant les ventilo-convecteurs. Donner la nouvelle perte de charge de la vanne de réglage précédente afin de conserver le débit souhaité dans la batterie froide de la CTA.

## PARTIE 3 : ÉTUDE AÉRAULIQUE DU RÉSEAU DE SOUFLAGE DE LA SALLE DE CONCERT.

**Remarque :** Vous trouverez un **formulaire** (page 23/24).

La CTA de l'école de musique est située à l'étage R+2. La gaine descend par une trémie depuis l'étage jusqu'à un vide sanitaire où elle alimentera la salle de concert sous les sièges via un plénum de distribution.

Le débit de soufflage de la CTA salle de concert est de  $11\,000\text{ m}^3/\text{h}$ .



### Caractéristiques du réseau air neuf + air soufflé :

- $J_{\text{réseau gaines d'air neuf}} = 30\text{ Pa}$ .
- $J_{\text{CTA}} = 400\text{ Pa}$ .
- $J_{\text{Entrée salle - Bouches de soufflage}} = 40\text{ Pa}$ .
- $J_{\text{Piège à son}} = 30\text{ Pa}$ .
- $\zeta_{\text{coude}} = 0,3$  et nombre de coudes : 3.
- $\zeta_{\text{clapet coupe-feu}} = 0,2$  et nombre de clapets coupe-feu : 3.
- $\rho_{\text{air}} = 1,2\text{ kg/m}^3$
  
- Vitesse de rotation moteur : 1450 tr/min.
- Diamètre poulie moteur : 100 mm.
- Puissance moteur = 1,25 x Puissance ventilateur.
- $e = \text{entraxe moto-ventilateur} = 80\text{ cm}$

Les gaines de la CTA passent dans un vide sanitaire. La hauteur maximale de passage disponible pour les gaines est de 800 mm.

## 1) Détermination des pertes de charge

Vous utiliserez le **diagramme** (page 13/24) et complétez le document réponse **DR5** (page 19/24).

- 1-1 On utilisera une gaine de diamètre 800 mm **depuis la CTA jusqu'à l'entrée de la salle**. Déterminer la vitesse réelle dans la gaine. Vérifier que vous vous trouvez en zone silencieuse.
- 1-2 En déduire les pertes de charge linéaires de cette gaine.
- 1-3 Déterminer les pertes de charge singulières de cette gaine.
- 1-4 En déduire les pertes de charge totales du réseau air neuf/air soufflé.

## 2) Sélection du ventilateur

Le ventilateur est entraîné par un moteur asynchrone indépendant. Une courroie permet l'entraînement du groupe moto-ventilateur (voir **schéma** page 23/24).

La pression **totale** du ventilateur (**statique + dynamique**) est de **600 Pa**.

- 2-1 Déterminer à l'aide de l'**abaque** (page 14/24) le point de fonctionnement, la vitesse de rotation du ventilateur ainsi que la puissance absorbée à l'arbre du ventilateur. En déduire la puissance du moteur.
- 2-2 Déterminer le diamètre de la poulie du ventilateur.
- 2-3 En déduire la longueur de la courroie de transmission du groupe moto-ventilateur.

## PARTIE 4 : ÉTUDE DU GROUPE FRIGORIFIQUE

Afin de climatiser l'ensemble du bâtiment, on utilise un groupe frigorifique de production d'eau glacée de puissance 44 kW (régime d'eau en 10/15°C) alimenté au R407C.

On mesure :

Manomètre BP : 3 bars
Manomètre HP : 19 bars
Température de sortie compresseur : 80°C.
Sous-refroidissement = 4°C
Surchauffe : 7°C
Tension : $U = 400$ V (alimentation triphasée).
Intensité : $I = 30$ A
$\cos \phi = 0,85$

- 1- Le R407C est-il un corps pur ? Comment pouvez-vous le vérifier sur le diagramme (page 21/24) ?
- 2- Tracer le cycle sur le document réponse **DR7** (page 21/24) et renseigner le tableau de points du document réponse **DR6** (page 20/24), sachant qu'il n'y a pas de pertes de charge significatives dans les échangeurs.
- 3- Déterminer le COP froid théorique à l'aide du tracé du cycle effectué à la question 2.
- 4- Déterminer le débit-masse de fluide frigorigène.
- 5- Déterminer la puissance au condenseur.
- 6- Calculer la puissance électrique du compresseur, puis déterminer le COP froid réel de la machine frigorifique.

## PARTIE 5 : ACOUSTIQUE : ÉTUDE DE LA TRANSMISSION DU BRUIT ENTRE 2 SALLES

### Étude de la salle de mixage/enregistrement E3.

La salle de mixage/enregistrement E3 (voir plan page 11/24) jouxte la salle de répétition musique E1 et ce, afin de permettre aux groupes de musique d'être enregistrés. Cette disposition permet aussi de régler les volumes sonores des instruments électroniques. Pendant les enregistrements, le bruit diffus dans la salle de répétition musique peut être estimé à 80 dB dans toutes les bandes de fréquences. La paroi entre la salle de mixage/enregistrement E3 et la salle de répétition musique E1 est une paroi vitrée de type 64.2 + 20 + 44.2 et de dimensions 2.8 m x 2.5 m. L'atténuation acoustique par bande d'octave R de cette paroi vitrée est donnée dans le tableau ci-dessous.

Les dimensions de la salle E3 sont L x l x hsp : 3.2 m x 2.8 m x 2.5 m.

La salle E3 est traitée acoustiquement de façon à limiter au maximum le bruit à l'intérieur. Aussi, le temps de réverbération de la salle E3 est très faible.

On supposera que tous les autres bruits sont négligeables devant ceux de la salle de répétition E1, ainsi, on ne tiendra compte que du bruit transmis à travers la paroi vitrée.

On donne :

$f_m$ (Hz)	125	250	500	1000	2000
Lp diffus salle de répétition E1 (dB)	80	80	80	80	80
Temps de réverbération salle E3 (s)	0.25	0.2	0.2	0.2	0.15
R de la paroi vitrée	32	36	39	40	41

**REMARQUES :** Vous trouverez un **formulaire** (page 24/24). Vous renseignerez le tableau du document réponse **DR8** (page 22/24) au fur et à mesure de l'étude.

### **1. Bruit résiduel dans la salle de mixage/enregistrement E3 quand l'orchestre joue en salle de répétition E1 :**

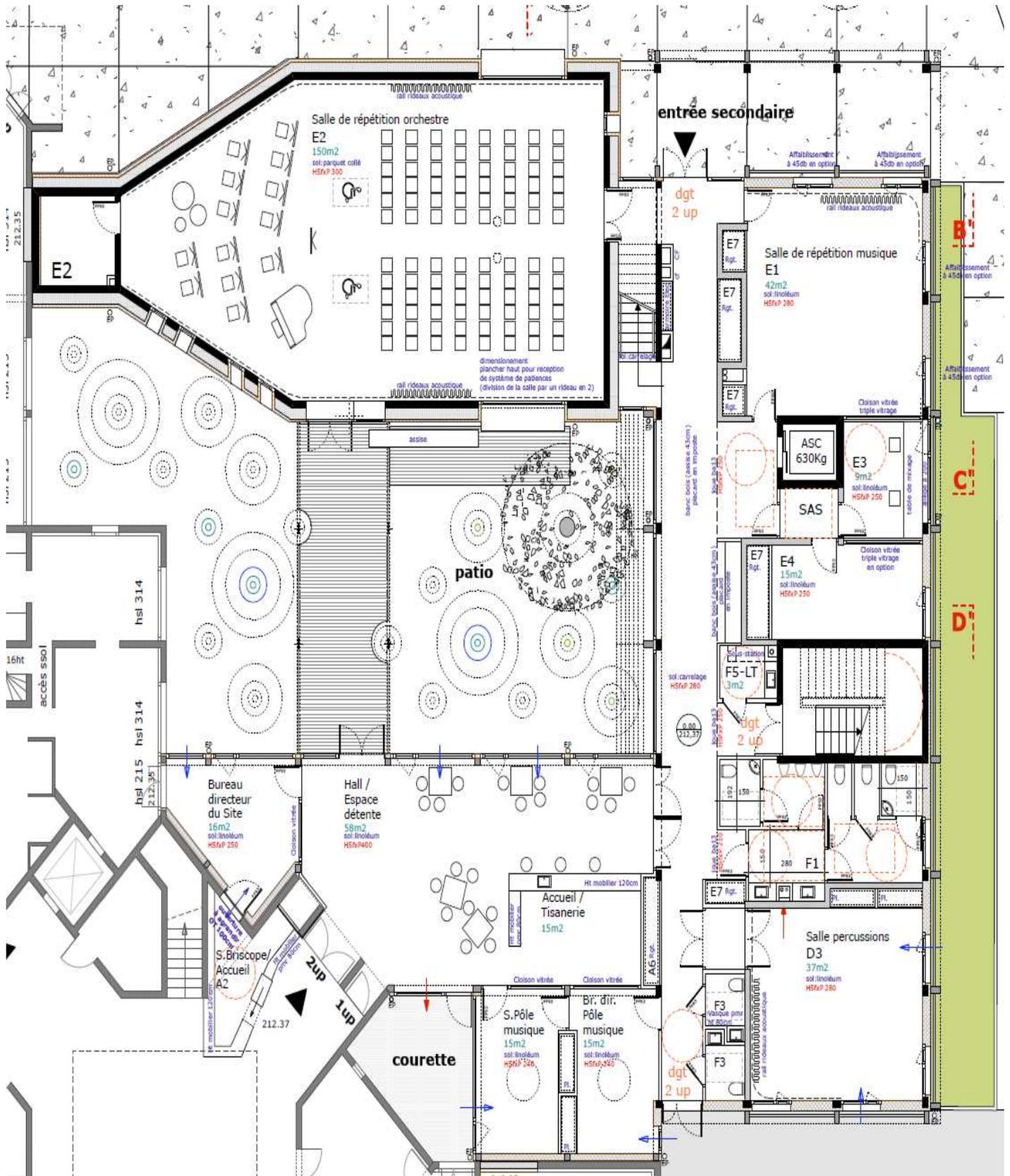
1.1 Déterminer l'aire équivalente d'absorption de la salle E3 par bande d'octave.

1.2 En déduire l'isolement acoustique brut Db de la paroi par bande d'octave ainsi que le niveau sonore Lp transmis dans la salle E3 en dB lorsque l'orchestre joue. Les transmissions indirectes seront négligées.

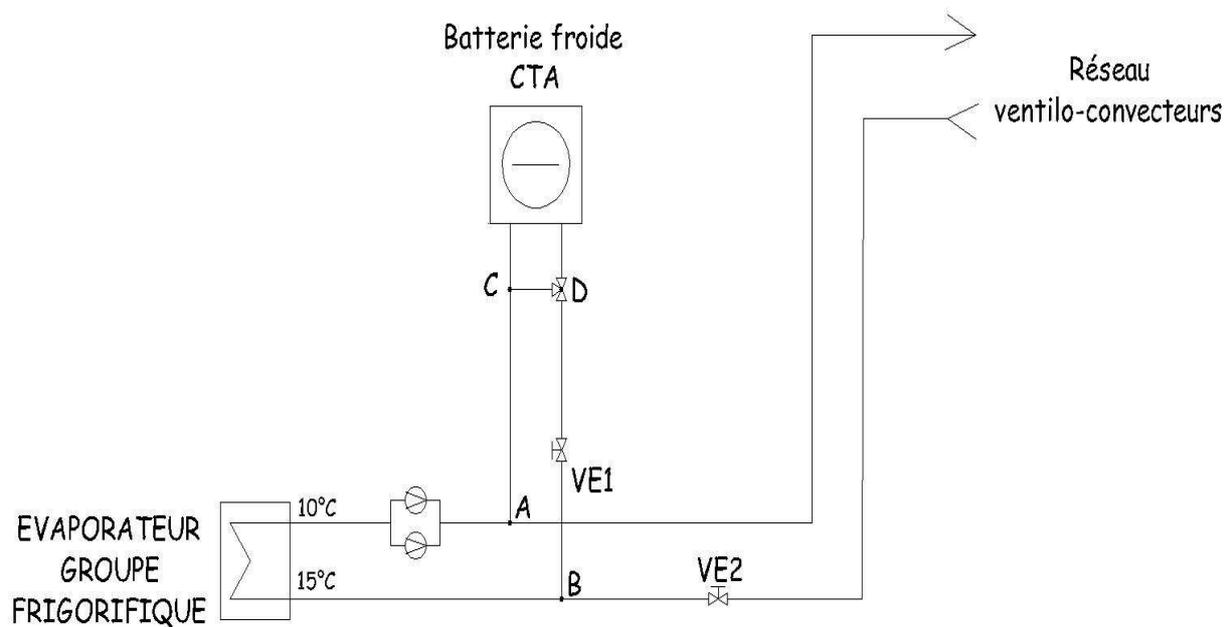
### **2. Bruit résiduel dans la salle E3 en tenant compte de la VMC**

Déterminer le niveau de bruit global en dBA dans la salle E3 lorsque l'orchestre joue et qu'on tient compte du bruit dû à la VMC (remarque : le spectre en champ diffus du bruit dû à la VMC sera assimilé à la courbe NR25 : valeurs déjà complétées sur document réponse DR8 page 22/24).

# PLANS DU RDC

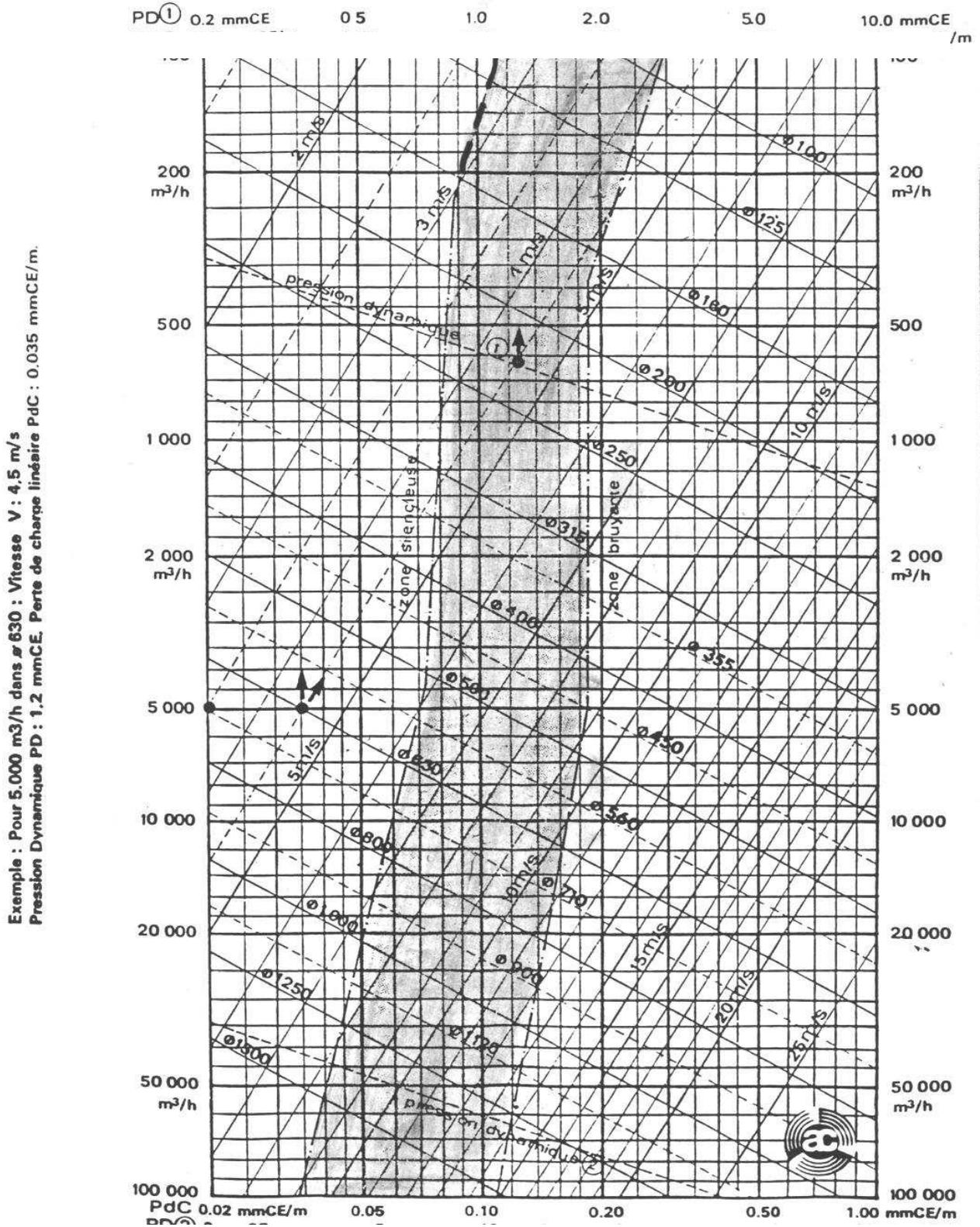


## SCHÉMA DE PRINCIPE SUCCINCT DU RÉSEAU HYDRAULIQUE



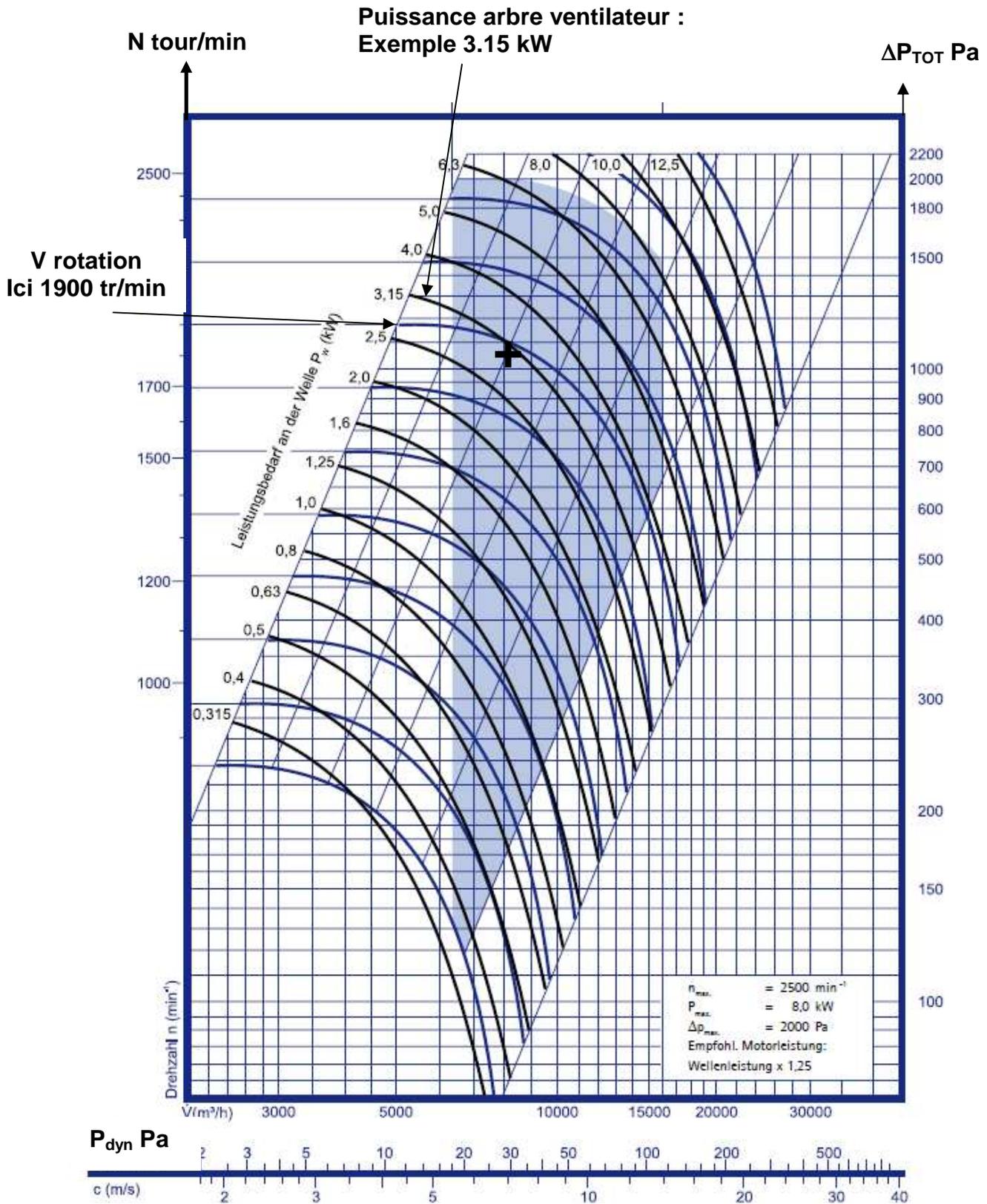
# ABAQUE

## Abaque de pertes de charge linéaires



Exemple : Pour 5.000 m³/h dans ø 630 ; Vitesse V : 4.5 m/s  
 Pression Dynamique Pd : 1.2 mmCE. Perte de charge linéaire PdC : 0.035 mmCE/m.

# COURBES VENTILATEUR



**Point exemple** : p totale = 1100 Pa ; p dyn = 28 Pa  
 Qv = 8000 m<sup>3</sup>/h ; P arbre = 3.15 kW ; V rotation = 1900 tr/min

**DOCUMENT DR 1**

**Cycle été :**

POINTS	$\theta$ °C	HR %	h (kJ/kg)	r (kg <sub>e</sub> /kg <sub>as</sub> )
I point intérieur	25	55		
E point extérieur	32	33		

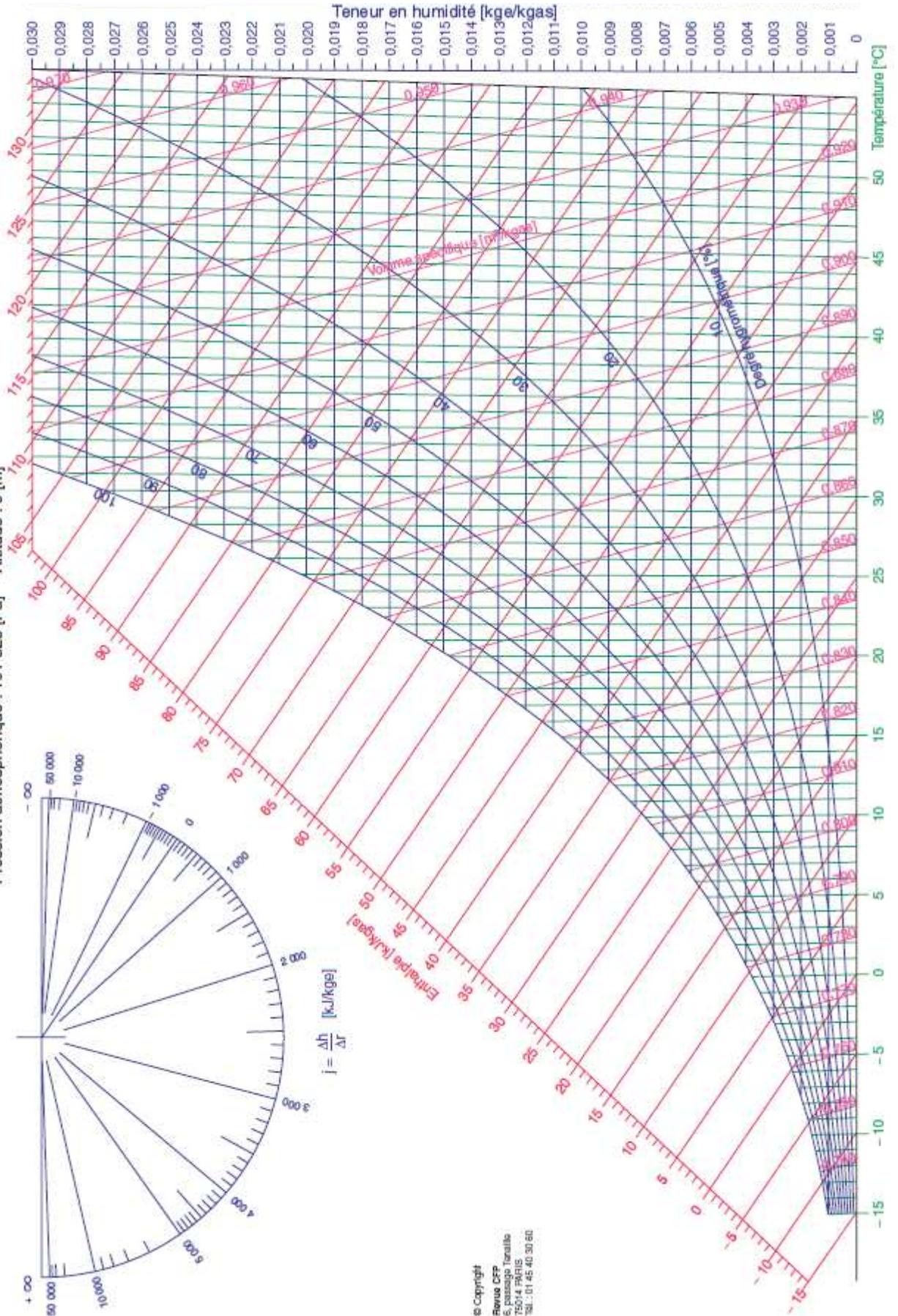
**Cycle hiver :**

POINTS	$\theta$ °C	HR %	h (kJ/kg)	r (kg <sub>e</sub> /kg <sub>as</sub> )
I point intérieur	20			0,0037
E point extérieur	- 8	90		

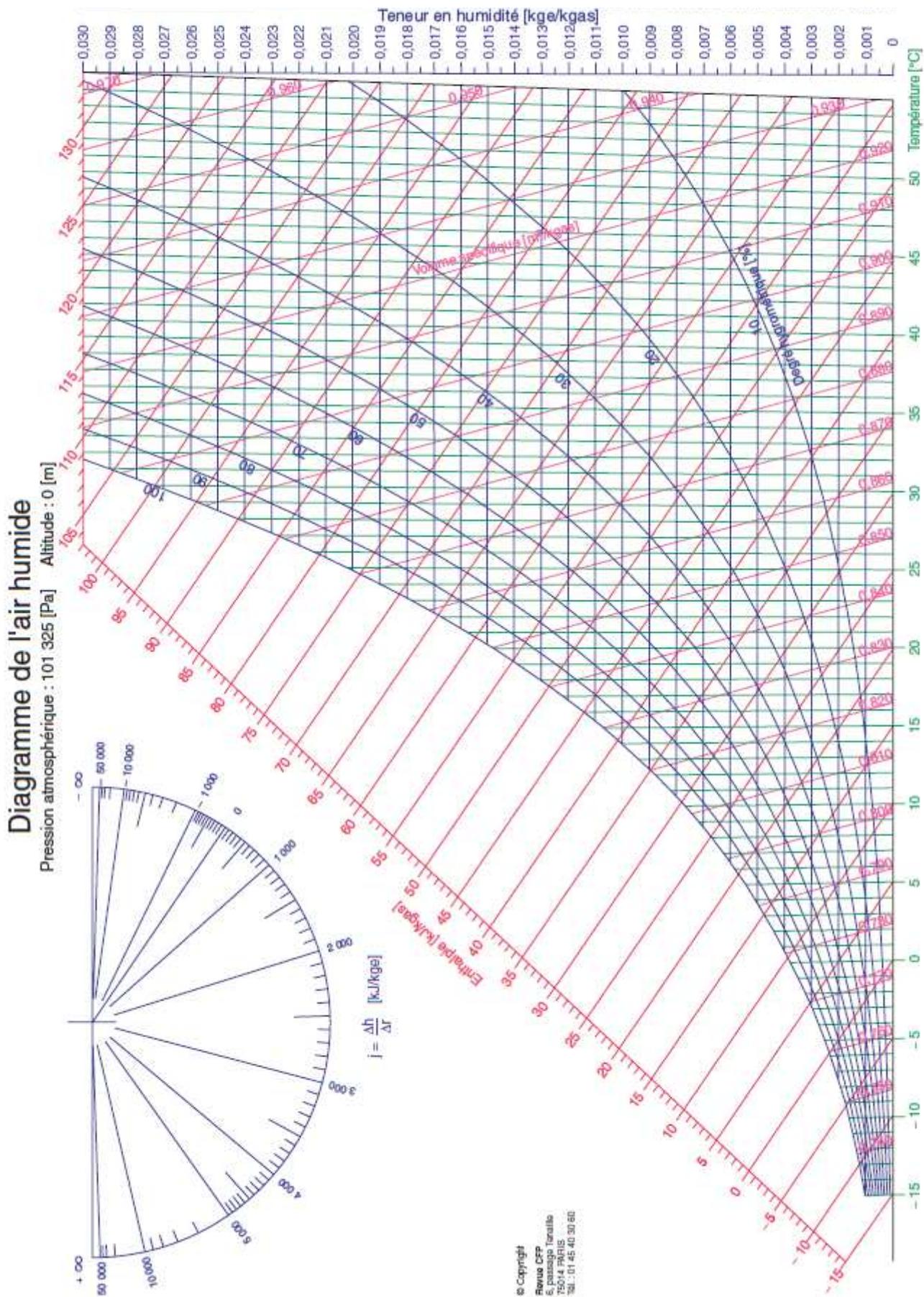
DOCUMENT DR 2 : TRACÉ CYCLE ÉTÉ

Diagramme de l'air humide

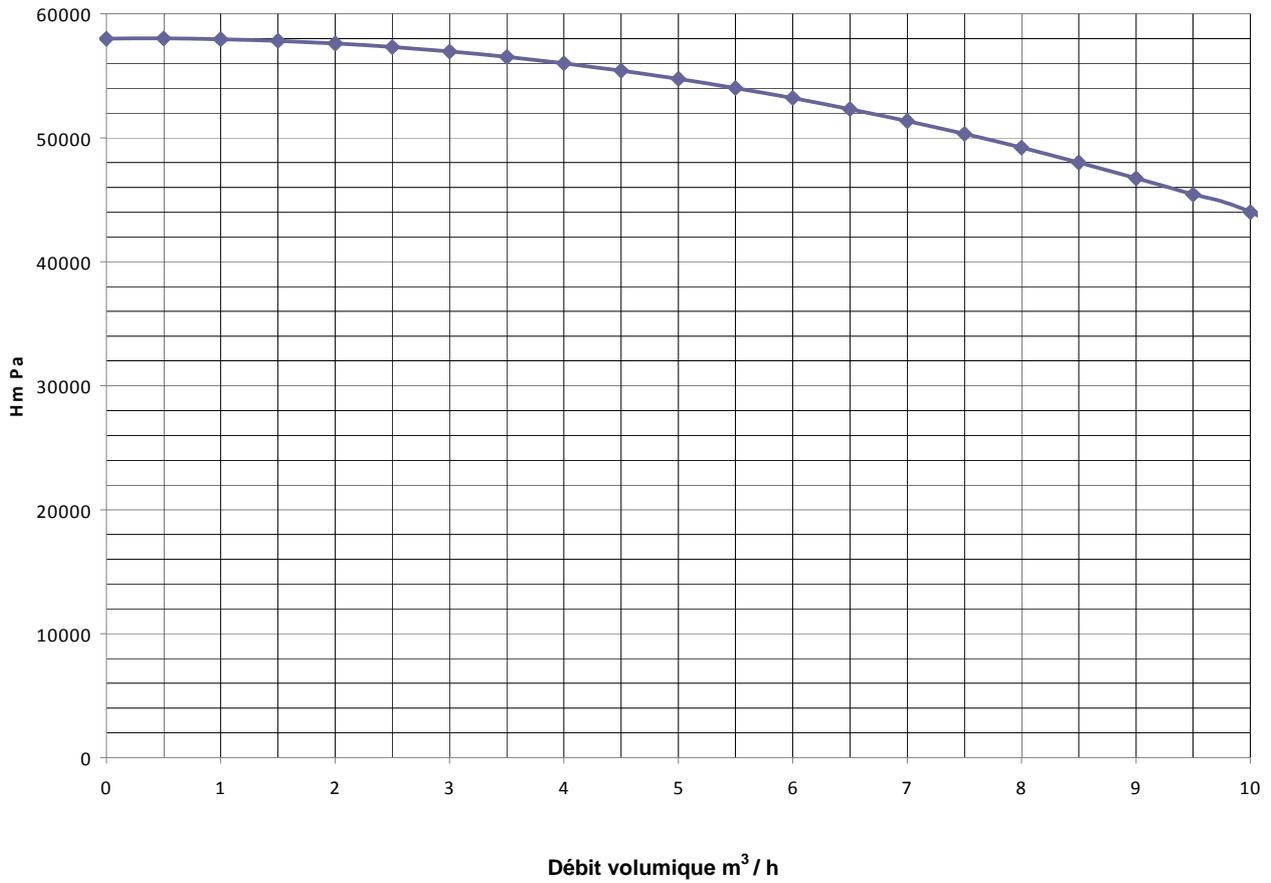
Pression atmosphérique : 101 325 [Pa] Altitude : 0 [m]



DOCUMENT DR 3: TRACÉ CYCLE HIVER



**DOCUMENT DR 4 : COURBE DE LA POMPE**



**DOCUMENT DR 5**

<b>Tronçon</b>	<b>Qv m<sup>3</sup>/h</b>	<b>D mm</b>	<b>j mmCE/m</b>	<b>j Pa/m</b>	<b>L m</b>	<b>J lin Pa</b>
CTA – Entrée salle						

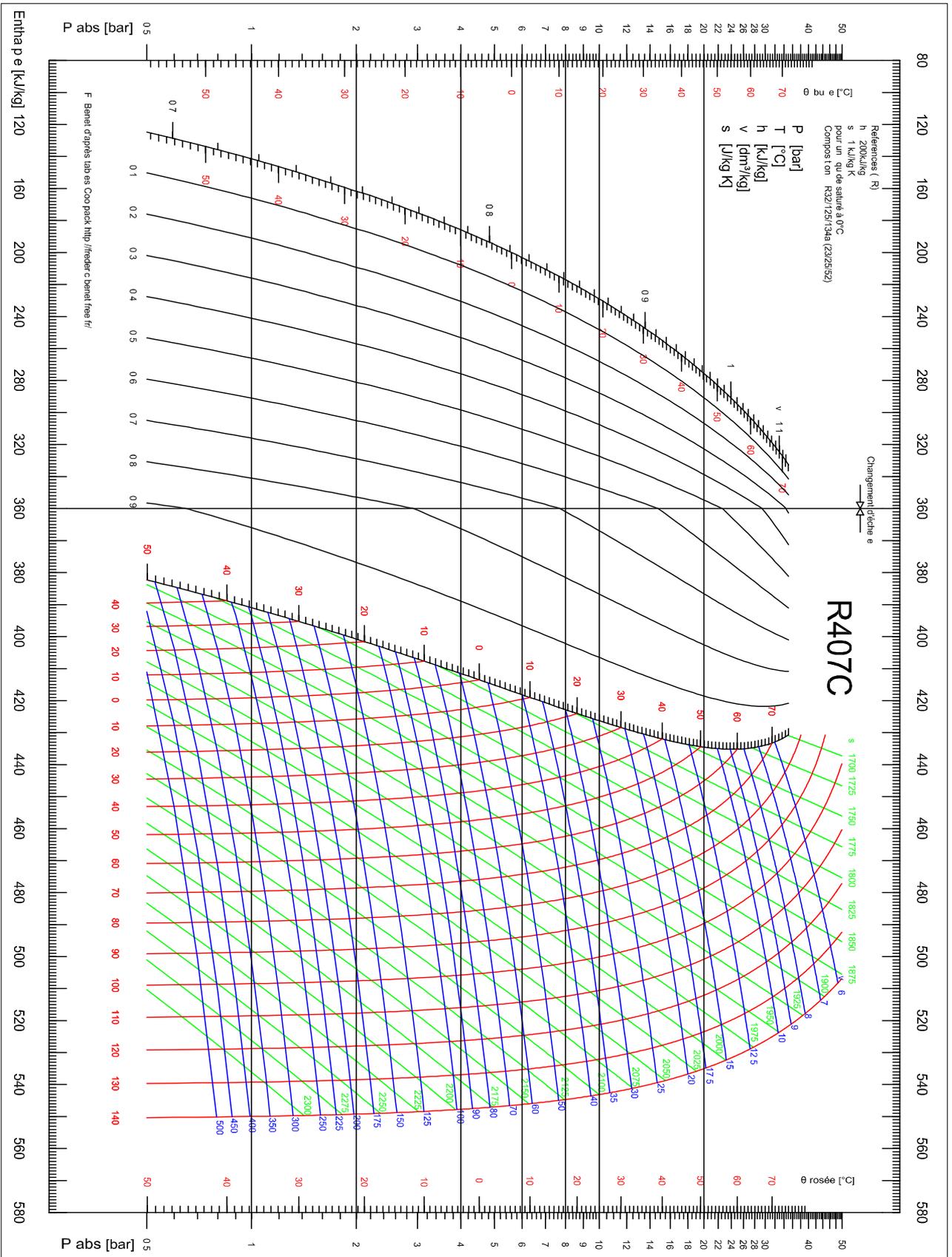
<b>Accidents</b>	<b>v m/s</b>	<b>Pdyn Pa</b>	<b>ζ</b>	<b>nombre</b>	<b>J sing Pa</b>
Coudes					
CCF					
Piège à son					

<b>Tronçon</b>	<b>J totale Pa</b>
Air neuf	
CTA	
CTA-Entrée salle	
Entrée salle -soufflage	
<b>Total</b>	

**Tableau de points du cycle frigorifique**

<b>Localisation</b>	<b>Repère</b>	<b>Température °C</b>	<b>h kJ/kg</b>	<b>Pression absolue bar</b>
Entrée compresseur	1			
Sortie Compresseur	2			
Sortie Condenseur	3			
Sortie Détendeur	4			

DOCUMENT DR 7



**DOCUMENT DR 8**

<b>f<sub>m</sub> (Hz)</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>	<b>GLOBAL</b>
Lp diffus salle de répétition dB	80	80	80	80	80	
Temps de réverbération T <sub>R</sub> s	0.25	0.2	0.2	0.2	0.15	
Aeq de la salle E3 m <sup>2</sup>						
R vitre en dB	32	36	39	40	41	
Db en dB						
Lp dû à l'orchestre transmis en E3 à travers la paroi vitrée						
Lp en E3 dû à la VMC en dB	43,7	35,2	29,2	25	21,9	
Lp résultant VMC + orchestre en dB						
Pondération A						
Lp résultant VMC + orchestre en dBA						

## FORMULAIRE HYDRAULIQUE

Résistance hydraulique d'un tronçon :  $Z = \frac{J}{q_v^2}$

Exemple d'unité pour Z : Si  $[Z] = \text{Pa}/(\text{m}^3/\text{h})^2$ , alors J en Pa et  $q_v$  en  $\text{m}^3/\text{h}$ .

**Associations de résistances :**

- En série :  $Z_{eq} = Z_1 + Z_2$

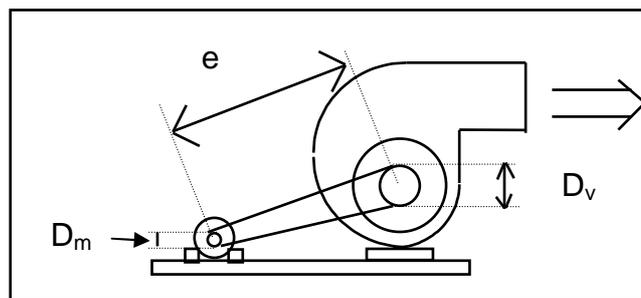
- En parallèle :  $\frac{1}{\sqrt{Z_{eq}}} = \frac{1}{\sqrt{Z_1}} + \frac{1}{\sqrt{Z_2}}$

## FORMULAIRE AÉRAULIQUE

**Pertes de charge :**

Rappel : 1 mm CE = 10 Pa

**Rapport de poulies moto-ventilateur :**



$$N_v \times D_v = N_m \times D_m$$

Relation diamètre / vitesse de rotation

$N_v$  = vitesse de rotation ventilateur (tr/min)

$N_m$  = vitesse de rotation moteur (tr/min)

$D_v$  = Diamètre de poulie ventilateur

$D_m$  = Diamètre de poulie moteur

**Longueur de courroie**

$$L = (2 \times e) + \frac{\pi}{2} \times (D_v + D_m)$$

$e$  = entraxe moto-ventilateur

# FORMULAIRE ACOUSTIQUE

## 1. ADDITION DE 2 NIVEAUX DE BRUIT

Calcul du niveau global : 
$$L_p = 10 \log \left( \sum_i 10^{\frac{L_{p_i}}{10}} \right)$$

## 2. FORMULE DE SABINE (pour trouver A eq)

$$A_{eq} = \frac{0,161.V}{T_R}$$

V = volume de la salle

T<sub>R</sub> = temps de réverbération de la salle

## 3. ISOLEMENT ACOUSTIQUE BRUT ENTRE DEUX LOCAUX

• Isolement brut:  $D_b = L_{p1} - L_{p2}$

• Relation isolement brut et affaiblissement :  $D_b = R + 10 \log \left( \frac{A_{eq}}{S} \right) - C$

### AVEC

R : Affaiblissement de la paroi (en dB).

S : Surface de la paroi séparatrice S.

A<sub>eq</sub> : Aire d'absorption équivalente du local réception.

C : Transmissions indirectes.

L<sub>p1</sub> et L<sub>p2</sub> : niveaux sonores de chaque côté de la paroi.

## 4. PONDÉRATION

f <sub>m</sub> Hz	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Pondération A	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1

## 5. NIVEAU ISO NR 25

f <sub>m</sub> Hz	125	250	500	1000	2000	4000	8000
NR 25 dB	43,7	35,2	29,2	25	21,9	19,5	17,7