

# BTS FLUIDES – ÉNERGIES – ENVIRONNEMENTS

## FLUIDIQUE – ÉNERGÉTIQUE – ENVIRONNEMENTS

SESSION 2013

Durée : 4 heures  
Coefficient : 4

**Matériel autorisé :**

Toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumérique 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 du 16-11-1999*).

**Tout autre matériel est interdit.**

**Documents à rendre avec la copie :**

Document annexe 3 .....page 9/32  
Documents annexes 5, 6, 7, 8 ..... pages 15, 16,17et 18/32  
Document annexe 9,10, 11,12..... pages 22, 23, 24 et 25/32  
Document annexe 15,16..... pages 31 et 32/32

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.  
Le sujet comporte 32 pages, numérotées de 1/32 à 32/32.

BTS FLUIDES ÉNERGIES ENVIRONNEMENTS – U.21		Session 2013
Fluidique – Énergétique - Environnements	Code : FEE2FLU	Page : 1/32

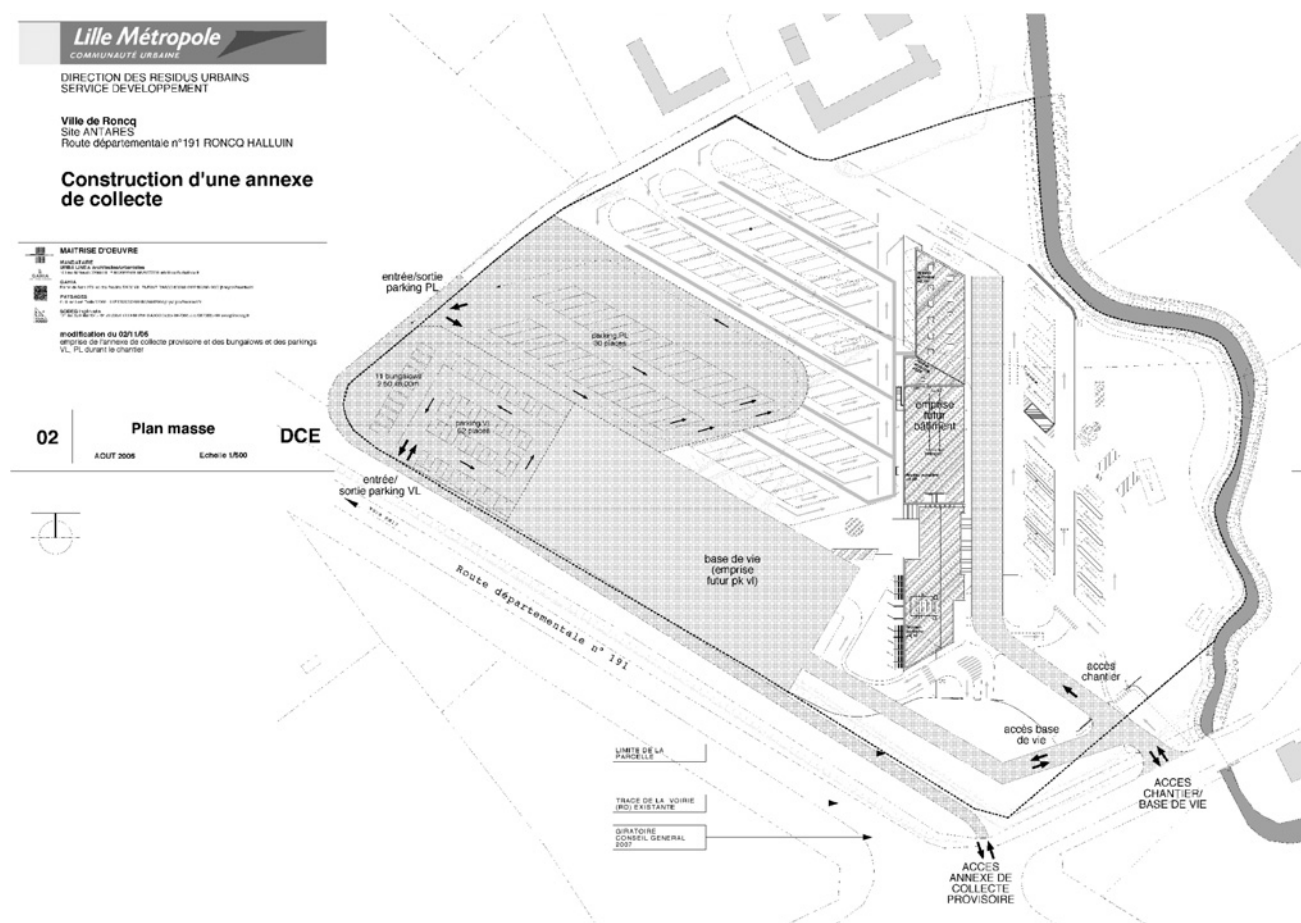
**L.M.C.U. – DIRECTION DES RÉSIDUS URBAINS – SERVICE DÉVELOPPEMENT  
CONSTRUCTION DE L'ANNEXE DE COLLECTE DE RONCQ (59)**

**Aucun document autorisé**

**Présentation du projet :** Il s'agit de la construction d'un bâtiment HQE sur le site ANTARES à RONCQ dédié aux locaux sociaux et administratifs du personnel ainsi qu'au stationnement des véhicules destinés à la collecte des déchets ménagers.

Le projet comprend :

- la réalisation d'un parking ouvert pour les véhicules de collecte, d'une aire de **LAVAGE ET D'UNE AIRE DE REMPLISSAGE EN CARBURANT DES VEHICULES DE COLLECTE** (gasoil)
- la réalisation d'un bâtiment principal composé de :
  - une zone atelier d'entretien des véhicules de collectes,
  - une zone dédiée aux locaux sociaux du personnel comprenant les douches, les vestiaires, les sanitaires ainsi que les locaux techniques,
  - une zone dédiée aux bureaux pour l'administration du site et l'encadrement du personnel.



PARTIE	TITRE	TEMPS conseillé	BARÈME conseillé
	<p>Le projet est confié à un bureau d'étude. Il lui est demandé de soumettre des solutions techniques pour le chauffage, la climatisation et la production d'ECS de ces locaux en intégrant des énergies renouvelables et en ayant en permanence le souci des économies d'énergies.</p> <p>Le chargé d'affaires propose :</p> <p>Un système HELIOPAC® alliant un système solaire et un système thermodynamique pour la production d'Eau Chaude Sanitaire.</p> <p>Deux centrales de traitement d'air double flux avec échange sur l'air extrait pour les bureaux et vestiaires.</p> <p>La production de chaleur réalisée par deux chaudières « gaz » à condensation qui alimente les différents circuits hydrauliques des systèmes de chauffage.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Le circuit « panneau rayonnant » pour le chauffage des ateliers (Gros volume d'air)</li> <li>- Les planchers chauffants des vestiaires et hall de réception.</li> <li>- Les batteries chaudes des deux centrales de traitement d'air.</li> <li>- Les batteries chaudes des différentes cassettes de traitement d'air des bureaux</li> <li>- L'appoint éventuel pour la production d'eau chaude sanitaire.</li> </ul> <p>Un système de récupération sur les eaux de pluies pour la station de lavage des véhicules.</p> <p>Enfin, il mènera une étude acoustique pour les différents bureaux administratifs afin de respecter les critères ISO, pour des questions de confort.</p>		
	Lecture du sujet	10 min	
1	Étude hydraulique : récupération d'eau de pluie	60 min	/20
2	Étude d'une centrale de traitement d'air double flux.	60 min	/20
3	Étude de la production d'ECS par système HELIOPAC® .	50 min	/20
4	Étude acoustique du bureau du chef d'exploitation.	60 min	/20

## PARTIE 1 : ÉTUDE HYDRAULIQUE

Cette partie consiste à étudier l'alimentation en eau de la surpression nécessaire au lavage des véhicules de collecte. Celle-ci se fera depuis plusieurs cuves de récupération des eaux de pluie (capacité totale 100 [m<sup>3</sup>]).

Un secours en eau de ville industrielle permettra d'assurer la disponibilité permanente en eau de la station de lavage.

De ce stockage, une pompe alimentera le local technique où sera mis en place un système de filtration.

**(voir annexes 1 et 2)**

### **Travail demandé :**

#### **PARTIE 1 A. : étude du système.**

##### **Question 1A :**

1. A.1 En vous aidant de l'**annexe 2**, expliquer le fonctionnement du système et préciser le rôle du régulateur de niveau d'eau.

#### **PARTIE 1 B : étude des pertes de charge.**

Pour des raisons de maintenance, on opte pour l'installation d'une pompe située à l'extérieur de la cuve comme indiqué sur l'**annexe 4**.

L'étude porte sur le réseau A-D.

##### **Données :**

*L'eau dans la cuve peut atteindre 30 [°C].*

$\rho_{\text{eau } 30\text{ [}^\circ\text{C]}} : 980 \text{ [kg/m}^3\text{]}.$ $g : 10 \text{ [m/s}^2\text{]}$ <i>Viscosité cinématique de l'eau à 30 [°C] :</i> $\nu = 0,8 \times 10^{-6} \text{ [m}^2\text{/s]}.$ <i>Rugosité absolue du tube en PE : 0,05 [mm].</i> <i>Diamètre intérieur du tube PE : 65 [mm]</i> <i>Débit de la pompe 12 [m<sup>3</sup>/h].</i>	$\sum \zeta \text{ à l'aspiration} : 50$ $\sum \zeta \text{ au refoulement} : 25$ <i>Longueur de tube à l'aspiration : 5 [m].</i> <i>Longueur de tube au refoulement : 75 [m].</i> <i>Pression atmosphérique <math>p_{\text{atm}}</math> : 101325 [Pa]</i>
--	--

### **Question 1 B**

1.B.1 Calculer la vitesse d'écoulement de l'eau.

1.B.2 Déterminer le régime d'écoulement de l'eau ainsi que le coefficient de résistance sur l'abaque fourni en **annexe 3**.

Rappel:  $Re = (v \times Di) / \nu$

1.B.3 Calculer les pertes de charge linéaires en Pa et en mce.

- a) A l'aspiration.
- b) Au refoulement.

Rappel:  $j = (\lambda \times p_{dyn}) / Di$

1.B.4 Calculer les pertes de charge accidentelles en Pa et en mce.

- c) A l'aspiration.
- d) Au refoulement.

Rappel:  $\Delta y = \sum \zeta \times p_{dyn}$

1.B.5 Calculer les pertes de charge totales à l'aspiration et au refoulement.

### **PARTIE 1 C : étude du phénomène de cavitation.**

L'étude porte sur le réseau A-B (**annexe 4**).

#### **Données supplémentaires :**

Le niveau d'eau dans la cuve est supposé à l'altitude  $z_1 = +1,70$  [m] et la vitesse en A nulle.

Les pertes de charge totales à l'aspiration sont estimées à 2,60 [mCE].

NPSH requis de la pompe : 2 [mCE].

**PRESSION - TEMPERATURE D'EBULLITION de l'eau**

Température [°C]	Pression [bar]	Température [°C]	Pression [bar]	Température [°C]	Pression [bar]
0	0,00610	50	0,1234	100	1,0137
5	0,00872	55	0,1572	105	1,2085
10	0,01228	60	0,1989	110	1,4330
15	0,0171	65	0,2499	120	1,9855
20	0,0233	70	0,3115	130	2,7015
25	0,0317	75	0,3854	140	3,6135
30	0,0425	80	0,4735	150	4,7600
35	0,0562	85	0,5781	160	6,1789
40	0,0738	90	0,7012	170	7,9180
45	0,0958	95	0,8455	180	10,0209

### **Question 1 C**

1.C.1 Déterminer la pression de vapeur saturante  $p_v$  de l'eau à 30 [°C].

1.C.2 Calculer la pression à l'aspiration de la pompe en B.

*Rappel* : équation de Bernoulli généralisée en [mCE].

$$(p_2 - p_1) + (1/2g)(v_2^2 - v_1^2) + (z_2 - z_1) + \Delta X - W = 0$$

1.C.3 Calculer le NPSH disponible

*Rappel* :  $NPSH_{dispo} = p_{aspiration} - p_v$

1.C.4 Ya-t-il cavitation ou pas ? Justifier votre réponse.

### **PARTIE 1 D : étude du travail et de la puissance de la pompe.**

L'étude porte sur le réseau A-D (**Annexe 4**).

#### **Données supplémentaires :**

*Les pertes de charge totales à l'aspiration sont estimées à 2,60 [mCE].*

*Les pertes de charge totales au refoulement sont estimées à 2,30 [mCE].*

*La pression indiquée par le manomètre à l'entrée du local technique en D doit être de 4 [bar].*

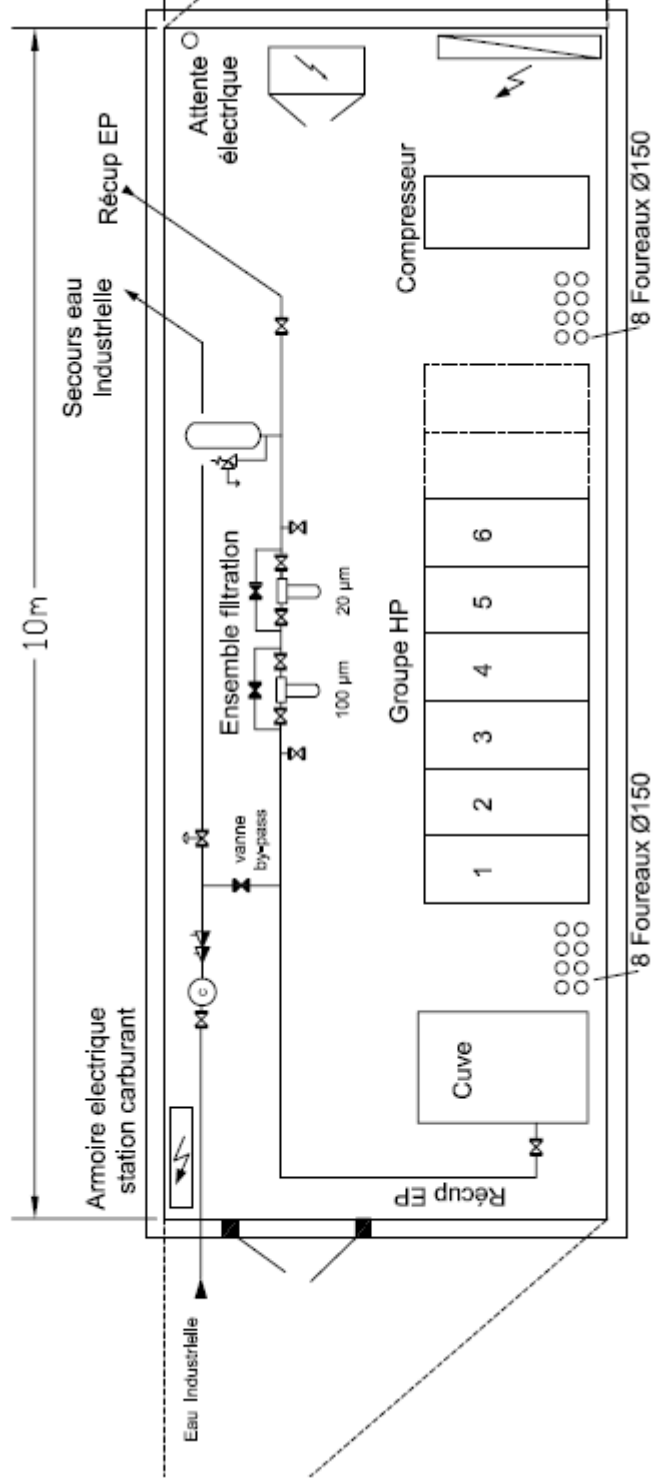
### **Question 1 D**

1.D.1 Calculer le travail de la pompe en appliquant l'équation de Bernoulli.

1.D.2 Calculer la puissance électrique du groupe moto-pompe sachant que le rendement fourni par le constructeur est de 55%.

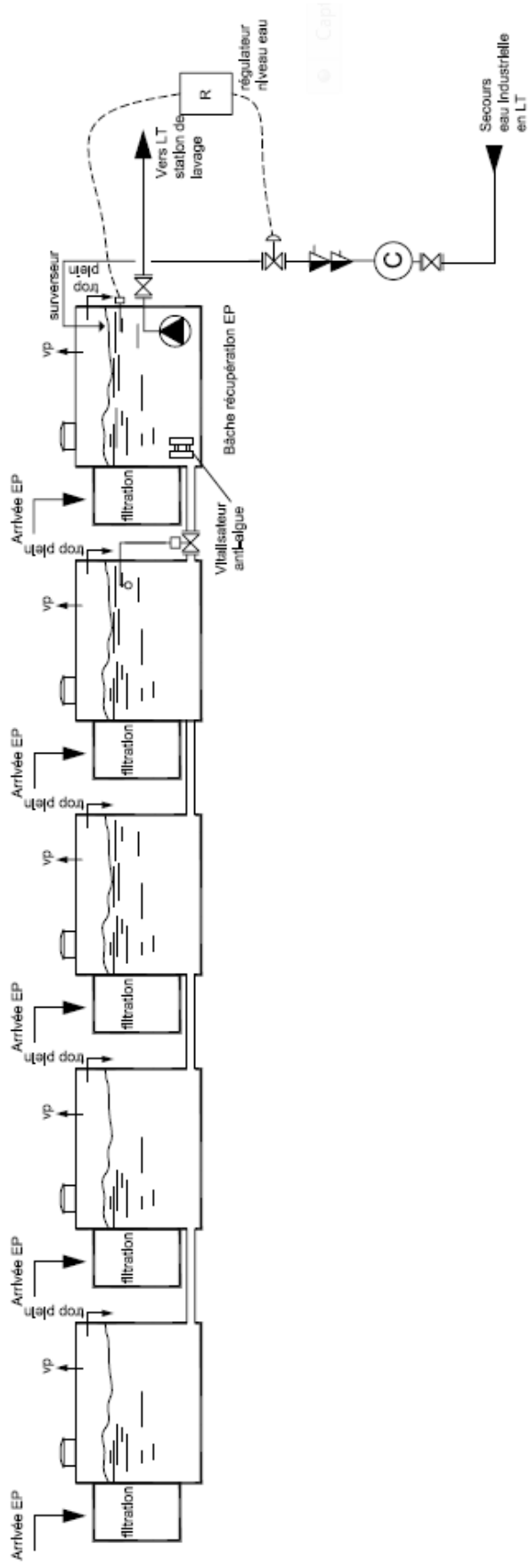
# ANNEXE 1

## Local technique (LT)



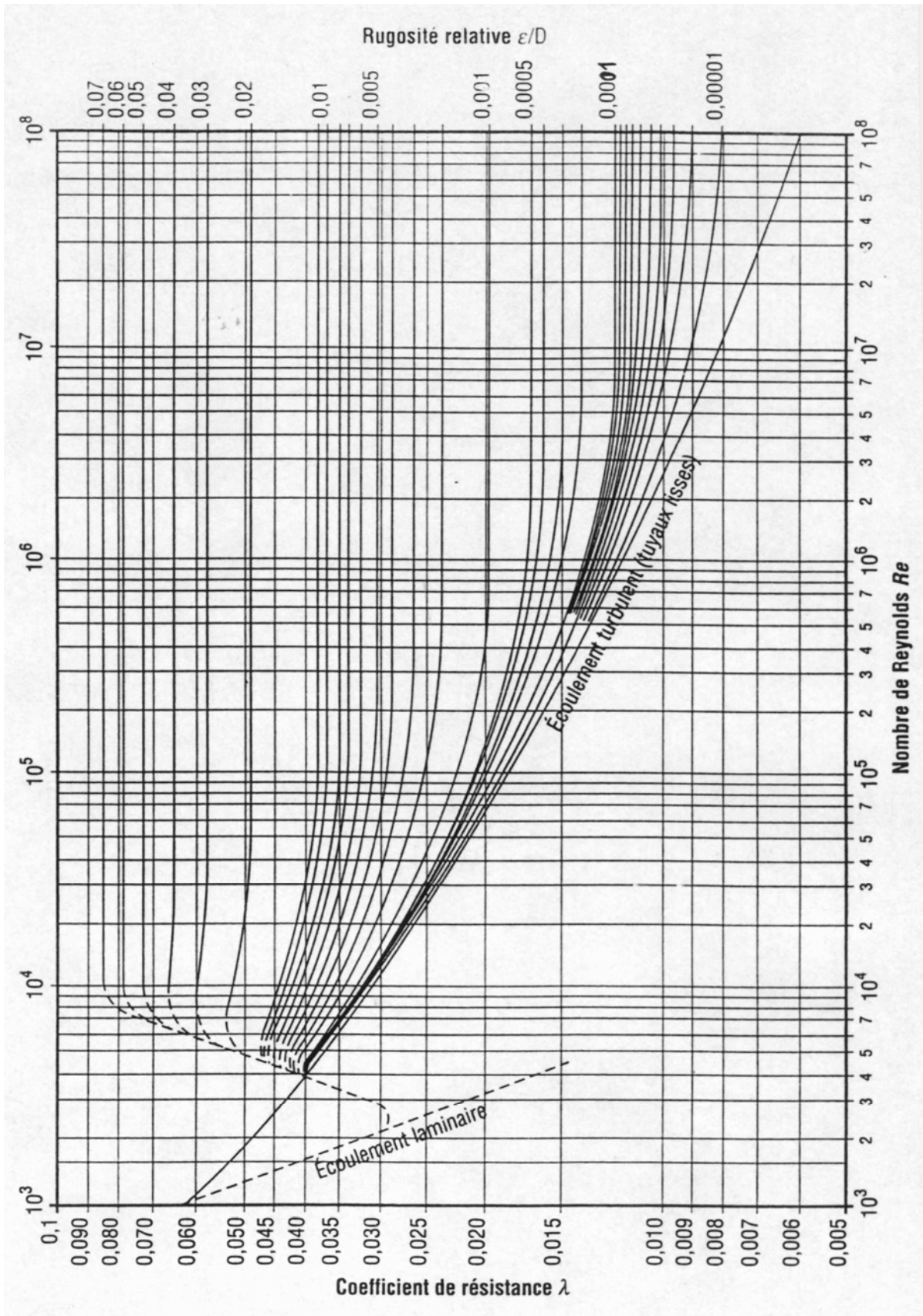
## ANNEXE 2

(cuves de récupération des eaux de pluie)





## ANNEXE 3 DOCUMENT RÉPONSE DR1.3

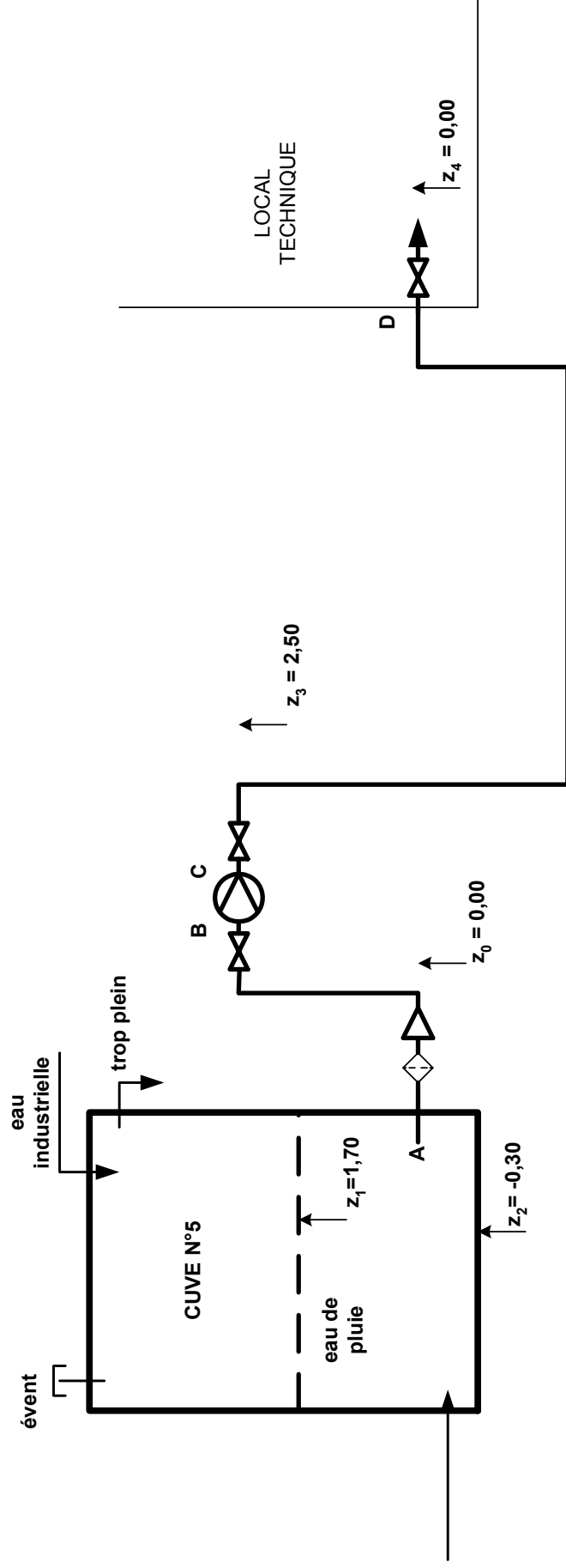


# ANNEXE 4

z altitudes en mètre

A-B réseau aspiration pompe

C-D réseau refoulement pompe





## PARTIE 2 : TRAITEMENT DE L'AIR

### Mise en situation :

L'objectif est d'étudier le système de traitement de l'air du local « VESTIAIRES ».

Ce local « VESTIAIRES » est accolé à un autre local qui dégage beaucoup de chaleur : la blanchisserie. De ce fait, le local « VESTIAIRES » subit des apports thermiques même en cas d'inoccupation (voir plus bas le « CAS ③ » dans le « **Tableau récapitulatif des cas d'études possibles** »)

Une centrale de traitement d'air double flux, fonctionnant en tout air neuf, équipée d'un récupérateur de chaleur de type caloduc et d'une batterie chaude terminale, permet de préparer l'air neuf hygiénique à une température d'ambiance de 20 [°C]. Le local « VESTIAIRES » est chauffé en hiver par des émetteurs statiques du type « radiateurs ».

Le débit volumique aux conditions d'ambiance de la centrale de traitement d'air varie du simple au double en fonction :

- des périodes d'**OCCUPATION** et d'**INOCCUPATION** des locaux
- de la valeur de la température d'ambiance au regard de la température extérieure

En effet, en période d'**INOCCUPATION** lorsque la température d'ambiance atteint 24 [°C] et que la température extérieure est inférieure à 20 [°C] une **SUR-VENTILATION** s'enclenche alors pour abaisser la température d'ambiance. Dans ce cas, la vanne de batterie chaude reste fermée et les ventilateurs de soufflage et de reprise passent en grande vitesse. Dès que la température d'ambiance atteint moins de 20 [°C] la **SUR-VENTILATION** s'arrête.

Tableau récapitulatif des cas d'étude possibles :

	CAS ①	CAS ②	CAS ③
	Période d' <b>INOCCUPATION</b> et $\theta_{\text{ambiante}} = 20$ [°C]	Période d' <b>OCCUPATION</b> et $\theta_{\text{ambiante}} = 20$ [°C]	Période d' <b>INOCCUPATION</b> et $\theta_{\text{ambiante}} = 24$ [°C]
Débit volumique de la CTA aux conditions d'ambiance	2 [volume/heure]	4 [volume/heure]	4 [volume/heure]
Mode de traitement	VENTILATION	SUR-VENTILATION	SUR-VENTILATION
Vitesse des ventilateurs de soufflage et de reprise	Petite vitesse	Grande vitesse	Grande vitesse
Conditions extérieures	- 9 [°C] et 90 [% HR]		
Utilisation de la batterie chaude	OUI	OUI	NON

### Données :

- Le local « VESTIAIRES » a un volume de 1575 [m<sup>3</sup>]
  
- Les caractéristiques de l'air d'ambiance du local « VESTIAIRES » en fonction des cas

	CAS ①	CAS ②	CAS ③
	Période d'INOCCUPATION et $\theta_{\text{ambiante}} = 20$ [°C]	Période d'OCCUPATION	Période d'INOCCUPATION et $\theta_{\text{ambiante}} = 24$ [°C]
Volume massique « $V_m$ » en [m <sup>3</sup> /kg <sub>as</sub> ]	$V_{m1} = 0,832$	$V_{m2} = 0,840$	$V_{m3} = 0,843$
Humidité absolue « $r$ » en [kg <sub>eau</sub> /kg <sub>as</sub> ]	$r_{\text{ambient 1}} = r_{\text{air neuf}} = 0,00158$	$r_{\text{ambient 2}} = 0,0078$	$r_{\text{ambient 3}} = r_{\text{air neuf}} = 0,00158$

### Hypothèses simplificatrices :

- Les débits massiques de reprise et de soufflage sont égaux.
- L'efficacité en température du récupérateur de chaleur est constante et égale à 60 [%].

## Travail demandé :

Les trois parties sont indépendantes.

Temps estimatif : 1 h 00<sup>0</sup>

**Partie 2.1** : Étude du « CAS ① » : période d'INOCCUPATION en mode VENTILATION.

**2.1.1 Tracer** sur le **diagramme de l'air humide n°1** (page 15/32) le cycle hiver dans ce cas et **compiler** les données obtenues dans le **tableau n°1**(page 18/32).

**2.1.2 Calculer** dans ce cas la puissance instantanée récupérée par l'échangeur de chaleur.

**2.1.3 Calculer** dans ce cas la puissance nécessaire au niveau de la batterie chaude.

**Partie 2.2** : Étude du « CAS ② » : période d'OCCUPATION en mode SUR-VENTILATION.

**2.2.1 Tracer** sur le **diagramme de l'air humide n°2** (page 16/32). le cycle hiver dans ce cas et **compiler** les données obtenues dans le **tableau n°2** (page 18/32).

**2.2.2 Calculer** dans ce cas la puissance instantanée récupérée par l'échangeur de chaleur.

**2.2.3 Calculer** dans ce cas la puissance nécessaire au niveau de la batterie chaude.

**2.2.4 Estimer** le dégagement d'humidité en [kg<sub>eau</sub>/s] dans le local « VESTIAIRES » en posant comme hypothèse que le point de soufflage correspond à l'équilibre du local (pas de dérive).

**Partie 2.3** : Étude du « CAS ③ » : période d'INOCCUPATION en mode SUR-VENTILATION.

**2.3.1 Tracer** sur le **diagramme de l'air humide n°3** (page 17/32) le cycle hiver dans ce cas et **compiler** les données obtenues dans le **tableau n°3** (page 18/32).

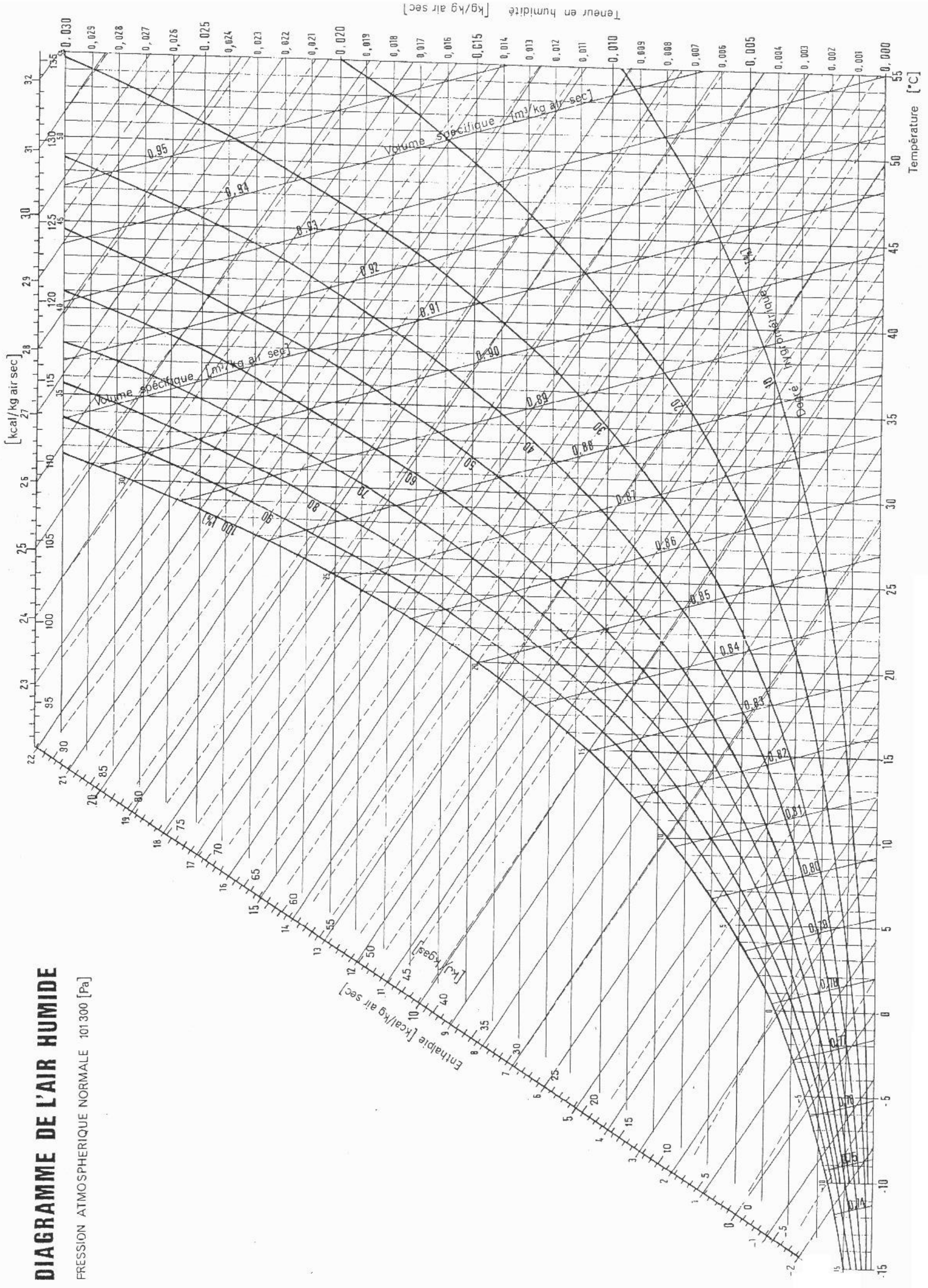
**2.3.2 Calculer** dans ce cas la puissance instantanée récupérée par l'échangeur de chaleur.

BTS FLUIDES ENERGIES ENVIRONNEMENTS – U.21		Session 2013
Fluidique – Énergétique - Environnements	Code : FEE2FLU	Page : 14/32

ANNEXE 5 DOCUMENT RÉPONSE DR2.1

**DIAGRAMME DE L'AIR HUMIDE**

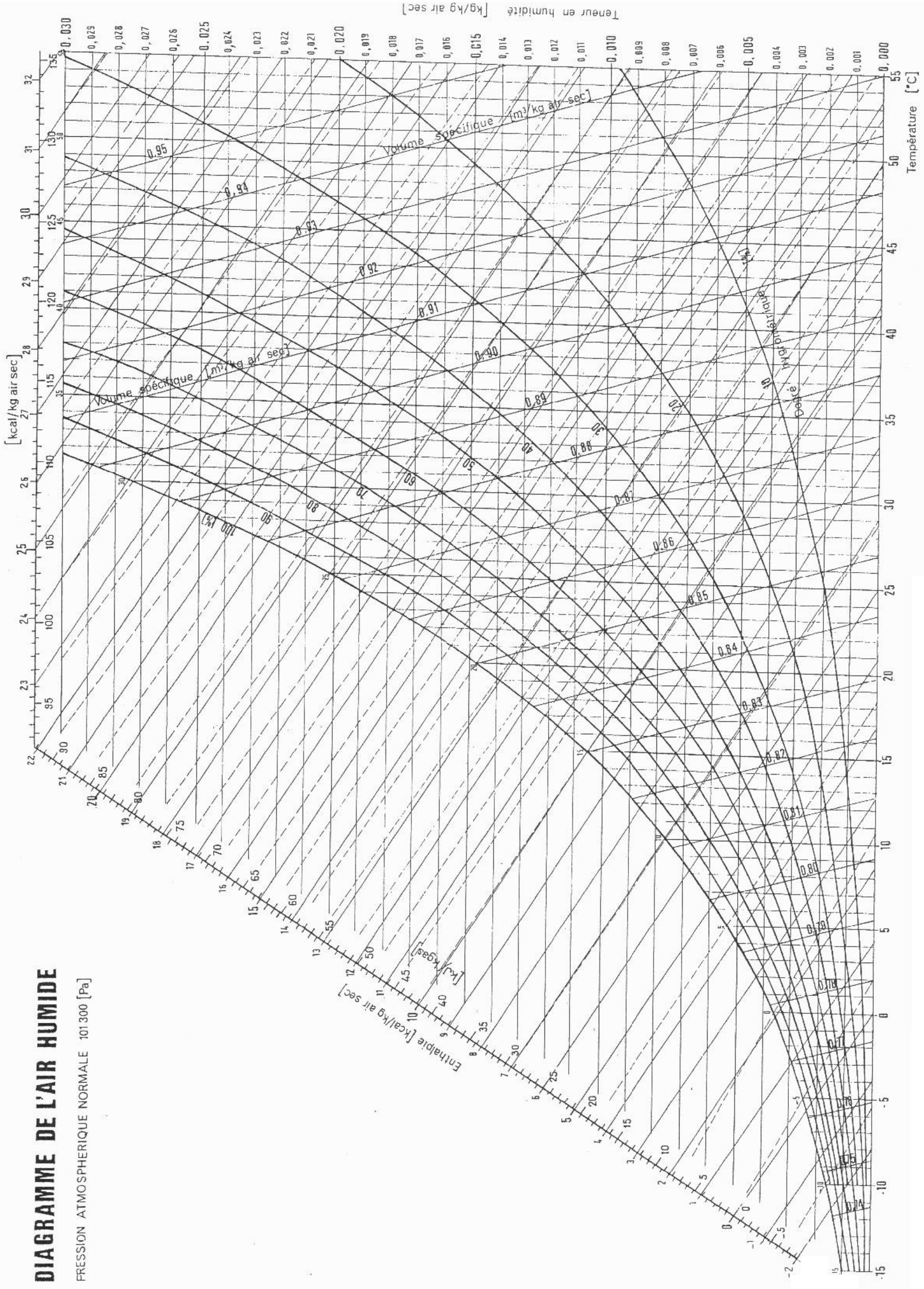
PRESSION ATMOSPHERIQUE NORMALE 101300 [Pa]



ANNEXE 6 DOCUMENT RÉPONSE DR2.2

**DIAGRAMME DE L'AIR HUMIDE**

PRESSION ATMOSPHERIQUE NORMALE 101 300 [Pa]

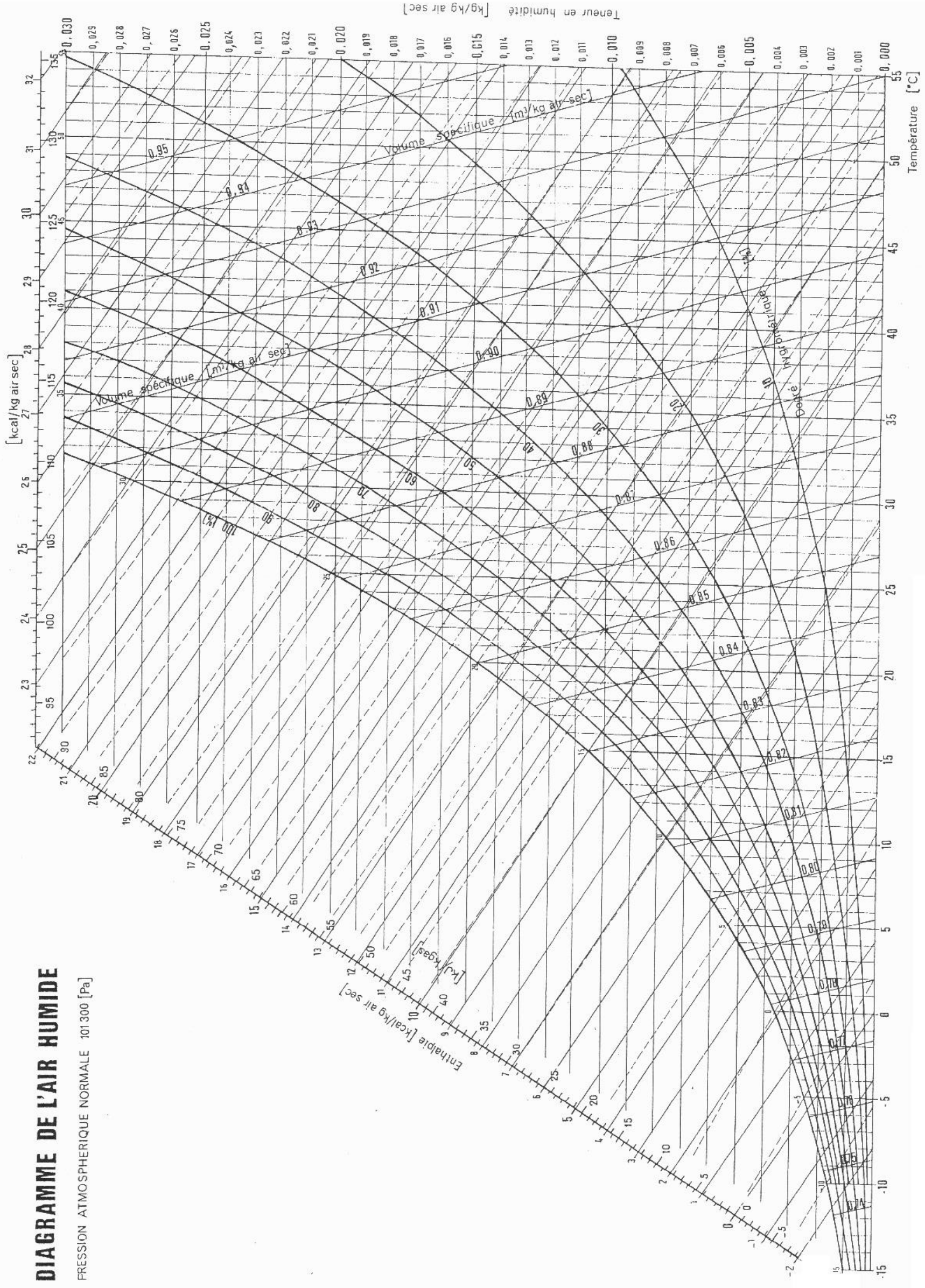




ANNEXE 7 DOCUMENT RÉPONSE DR2.3

**DIAGRAMME DE L'AIR HUMIDE**

PRESSION ATMOSPHERIQUE NORMALE 101 300 [Pa]



## ANNEXE 8 DOCUMENT RÉPONSE DR2.4

Tableau n°1 : Étude du « CAS ① » : période d'INOCCUPATION en mode VENTILATION

	$\theta$	$\theta_r$	$h$	$\varphi$	$r$	$vm$
	la température sèche	la température de rosée	l'enthalpie	l'humidité relative	l'humidité absolue	le volume massique
	[°C]	[°C]	[kJ/kg <sub>as</sub> ]	[%]	[kg <sub>H2O</sub> /kg <sub>as</sub> ]	[m <sup>3</sup> /kg <sub>as</sub> ]
<b>Extérieur</b>	<b>-9</b>			<b>90</b>	<b>0,00158</b>	
<b>Sortie récupérateur</b>	<b>8,4</b>					
<b>Sortie batterie</b>						
<b>Ambiance</b>	<b>20</b>				<b>0,00158</b>	<b>0,832</b>

Tableau n°2 : Etude du « CAS ② » : période d'OCCUPATION en mode SUR-VENTILATION

	$\theta$	$\theta_r$	$h$	$\varphi$	$r$	$vm$
	la température sèche	la température de rosée	l'enthalpie	l'humidité relative	l'humidité absolue	le volume massique
	[°C]	[°C]	[kJ/kg <sub>as</sub> ]	[%]	[kg <sub>H2O</sub> /kg <sub>as</sub> ]	[m <sup>3</sup> /kg <sub>as</sub> ]
<b>Extérieur</b>	<b>-9</b>			<b>90</b>	<b>0,00158</b>	
<b>Sortie récupérateur</b>						
<b>Sortie batterie</b>	<b>20</b>					
<b>Ambiance</b>	<b>20</b>					<b>0,840</b>

Tableau n°3 : Etude du « CAS ③ » : période d'INOCCUPATION en mode SUR-VENTILATION

	$\theta$	$\theta_r$	$h$	$\varphi$	$r$	$vm$
	la température sèche	la température de rosée	l'enthalpie	l'humidité relative	l'humidité absolue	le volume massique
	[°C]	[°C]	[kJ/kg <sub>as</sub> ]	[%]	[kg <sub>H2O</sub> /kg <sub>as</sub> ]	[m <sup>3</sup> /kg <sub>as</sub> ]
<b>Extérieur</b>	<b>-9</b>			<b>90</b>	<b>0,00158</b>	
<b>Sortie récupérateur</b>						
<b>Ambiance</b>	<b>24</b>				<b>0,00158</b>	<b>0,843</b>

### PARTIE 3 : ÉTUDE FRIGORIFIQUE DU SYSTÈME HELIOPAC®

#### Présentation de l'étude

L'étude concerne la production d'eau chaude sanitaire produite en partie par l'énergie renouvelable associée à un échangeur à eau chaude.

Le principe retenu est l'association de l'énergie solaire couplée à une pompe à chaleur.

L'installation sera composée d'un capteur solaire non vitré d'une surface de **50 [m<sup>2</sup>]**, d'une pompe à chaleur Solerpac au R 134a, d'un volume de stockage de 2 [m<sup>3</sup>] et de l'ensemble du matériel de régulation.

Le système comprendra les éléments suivants :

#### Le capteur solaire

Le capteur non vitré en caoutchouc EPDM garanti 10 ans de 50 [m<sup>2</sup>].

Le débit dans le circuit sera de l'ordre de 2 [m<sup>3</sup>/h].

#### La pompe à chaleur (Groupe Thermodynamique)

La pompe à chaleur SOLERPAC possède une puissance calorifique nominale de 12,5 [kW] pour une puissance électrique de 4,1 [kW].

La puissance électrique maximale absorbée est de 7,6 [kW].

La tension d'alimentation est de 380 [V] triphasé.

La pompe à chaleur a une masse de 120 [kg] dont 2,490 [kg] de R134a .

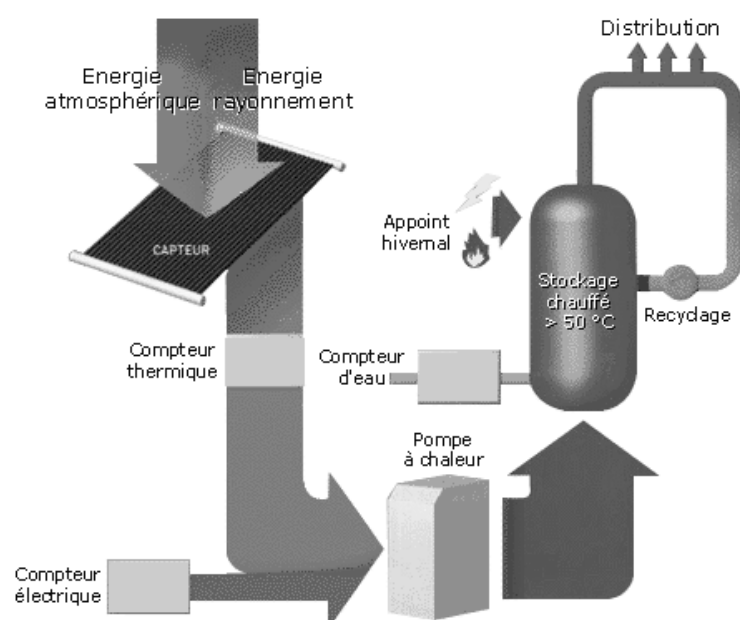
#### Ballon de stockage

Le stockage sera constitué d'un ballon en acier thermo-laqué de 2000 litres.

La température de consigne sera fixée à 60 [°C].

Il sera effectué régulièrement des montées occasionnelles de température du stockage à 70 [°C] à titre de traitement antibactérien préventif.

#### **Schéma de l'installation :**



**Données :**

Nous nous intéresserons plus particulièrement au fonctionnement de la partie frigorifique de la PAC.

Cette pompe à chaleur est très compacte, toutes les pertes de charges sont négligées.

Elle possède : 2 échangeurs spiralés en inox,

1 compresseur Scroll,

1 détendeur électronique,

1 filtre déshydrateur,

1 voyant liquide,

1 électrovanne

2 manomètres (un à l'aspiration et l'autre au refoulement du compresseur).

Les besoins en ECS à 40 [°C] sont estimés à 1375 [m<sup>3</sup>/an].

La puissance calorifique est de 11,2 [kW].

La puissance électrique absorbée par la PAC est de 3.29 [kW].

Caractéristiques de l'évaporateur	Caractéristiques du condenseur
Régime d'eau : ... [°C] / ... [°C]	Régime d'eau : ... [°C] / ... [°C]
Source froide entrée à 10 [°C]	Source chaude sortie à 50 [°C]
$\Delta\theta = 8$ [K]	$\Delta\theta = 6$ [K]
$T_m = \dots$ [°C] (température moyenne)	$T_m = \dots$ [°C]
Surchauffe interne de 2K	Sous refroidissement interne de 2K
Si $\Delta T = 5$ [K] $\rightarrow \theta_{ev} = \dots$ [°C]	Si $\Delta T = 6$ [K] $\rightarrow \theta_c = \dots$ [°C]
Pertes de charges évaporateur 11 [kPa] à 10 [°C] et 20 [kPa] à -5 [°C]	Pertes de charges condenseur 3 [kPa] à 50 [°C]

La surchauffe à l'aspiration du compresseur est de 6 [K], de plus on admet un sous refroidissement dans la conduite liquide de 3 [K].

La température de fin de compression est mesurée à 70 [°C].

La valeur du volume spécifique après détente au point 5 à l'état liquide est de  $0,774 \cdot 10^{-3}$  [dm<sup>3</sup>/kg].

**Travail demandé :**

À partir du schéma de l'installation et des données constructeur réaliser le schéma de principe frigorifique de la pompe à chaleur du système HELIOPAC® en complétant le schéma (annexe 9, DR3.1).

3.1 Indiquer sur le schéma le nom des éléments et les points remarquables suivants :

- (1') : *Aspiration compresseur.*
- (2') : *Refoulement compresseur.*
- (3') : *Sortie condenseur.*
- (4') : *Entrée détendeur.*
- (5') : *Entrée évaporateur.*
- (6') : *Sortie évaporateur.*

3.1 Effectuer le tracé du cycle frigorifique de la pompe à chaleur (Annexe 10, page 23/32 DR3.2).

3.3 Déterminer les coordonnées des points remarquables (Annexe 9, page 22/32 DR3.1).

3.4 Calculer le débit massique de fluide frigorigène en [kg/s]

3.5 Calculer le COP<sub>chaud</sub> de la PAC.

3.6 Déterminer à l'aide des courbes constructeur la valeur du COP<sub>chaud</sub> et comparer avec la valeur calculée précédemment (Annexe 11, page 24/32 DR3.3)

3.7 Déterminer le coefficient de performance global du système prenant en compte les consommations de la PAC, celles de l'appoint, des pompes et de l'ensemble des pertes de charges thermiques du ballon (annexe 12, page 25/32 DR3.4).

3.8 Déterminer également le % d'appoint (Annexe12, page 25/32 DR3.4).  
À quoi correspond cette valeur ?

## ANNEXE 9 DOCUMENT RÉPONSE DR3.1

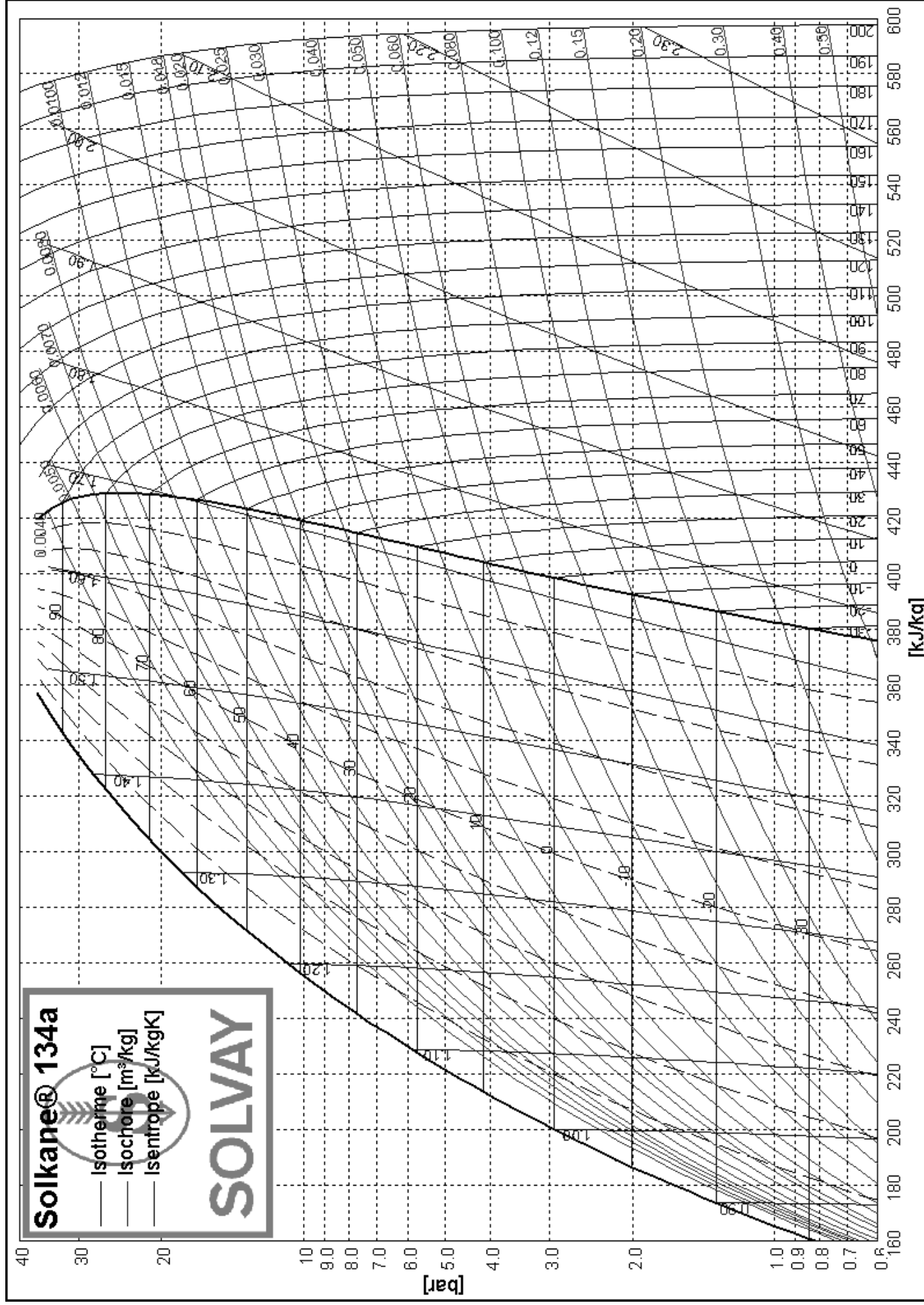
### Schéma frigorifique à compléter



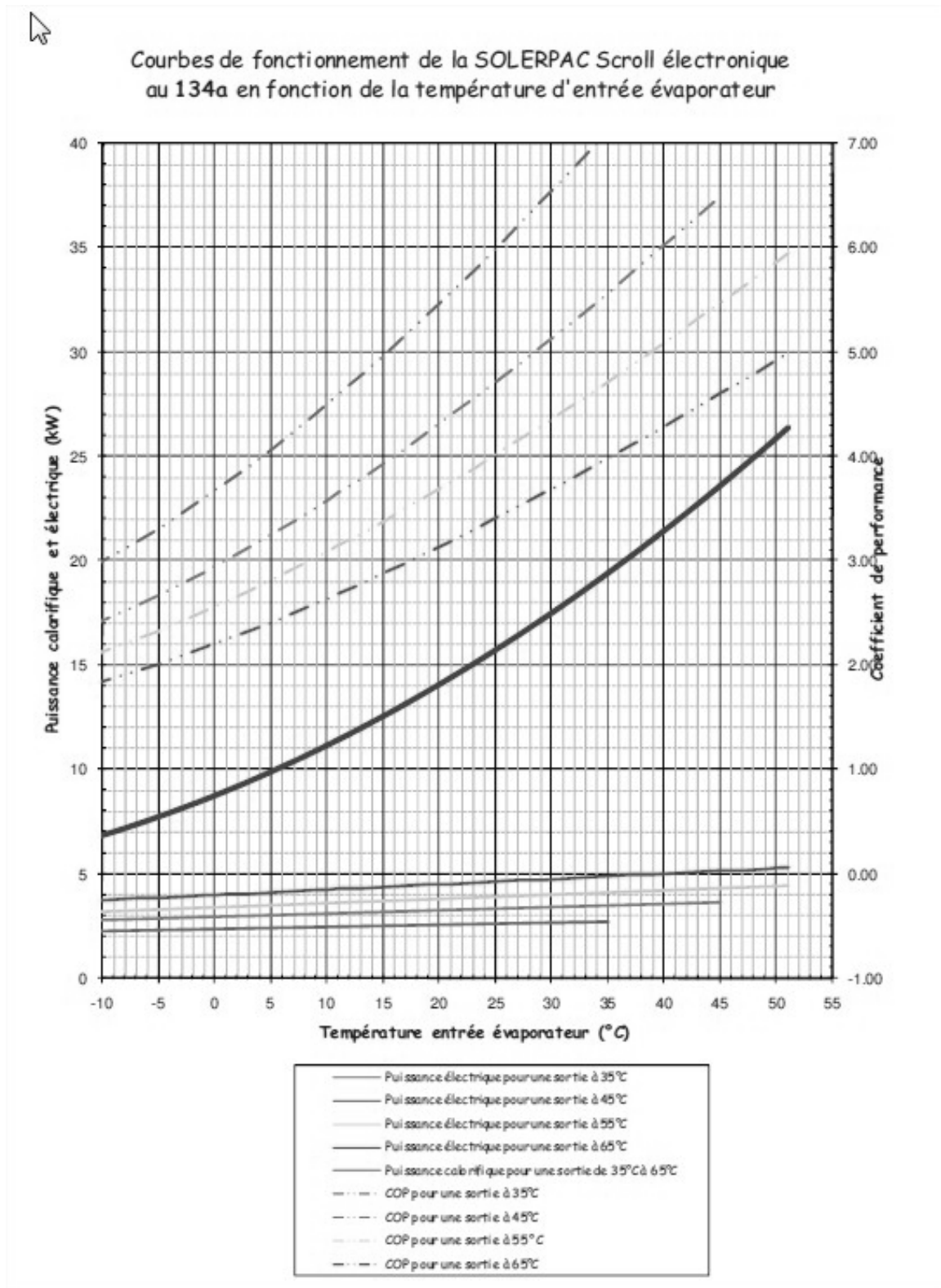
### Tableau de coordonnées des points remarquables du cycle frigorifique

Points	$\theta$ [°C]	p [bar]	h [kJ/kg]	S [kJ/kg.K]	v [dm <sup>3</sup> /kg]	x
(1')						
(2')						
(3')						
(4')						
(5')						
(6')						

ANNEXE 10 DOCUMENT RÉPONSE DR3.2 (DIAGRAMME R134A)

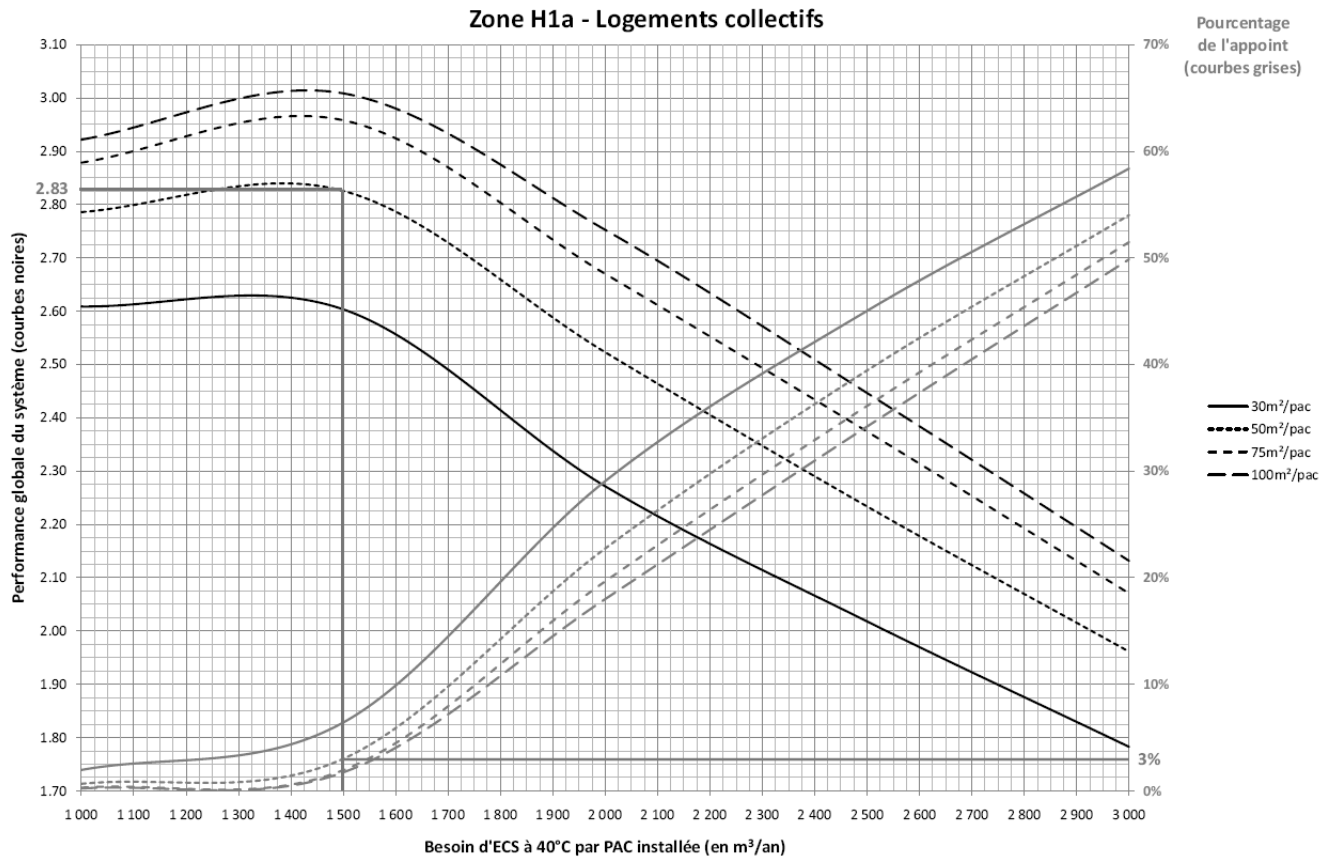


## ANNEXE 11 DOCUMENT RÉPONSE DR3.3





# ANNEXE 12 DOCUMENT RÉPONSE DR3.4



## **PARTIE N°4 : ÉTUDE ACOUSTIQUE DU BUREAU DU CHEF D'EXPLOITATION**

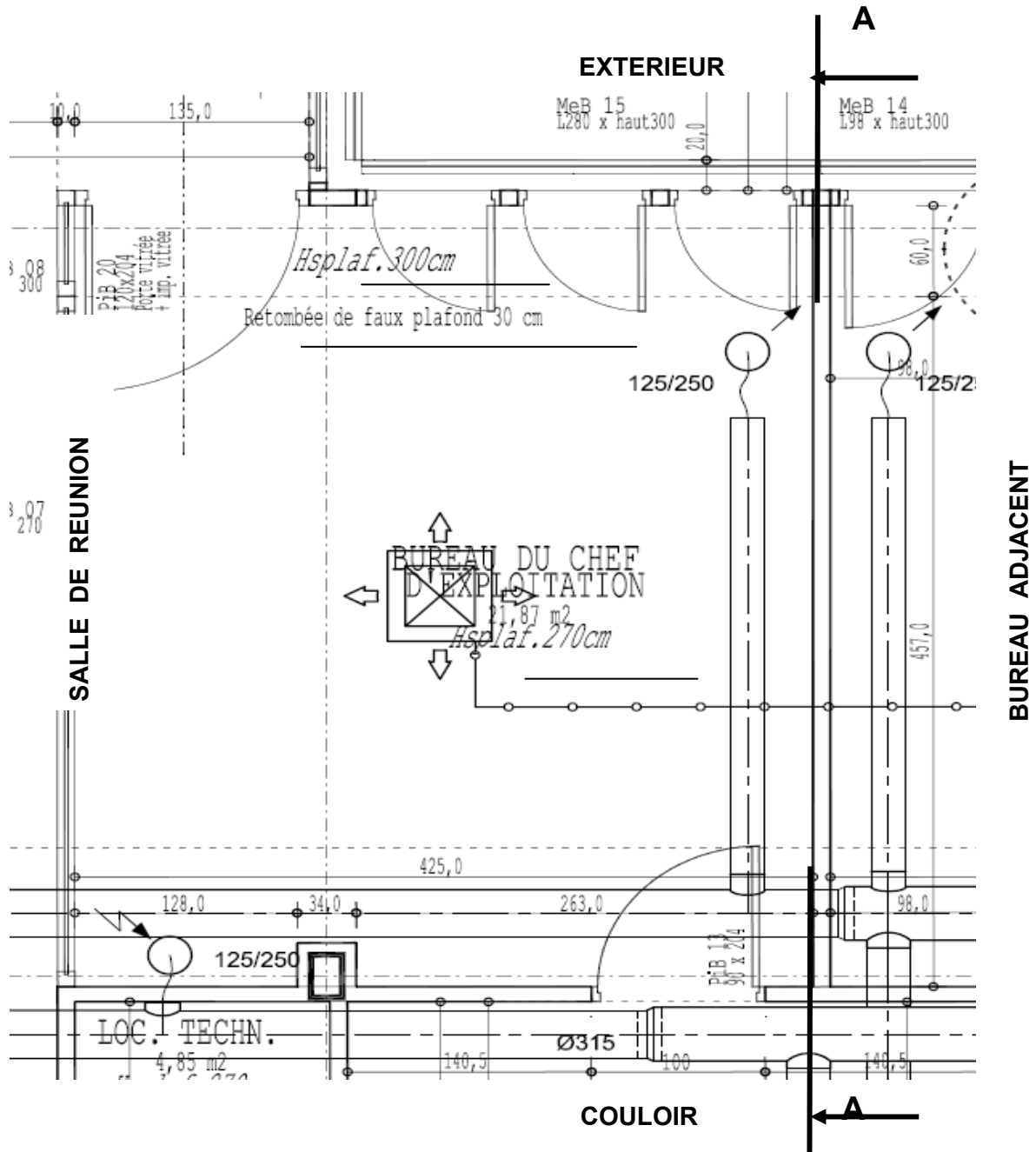
Pour cette partie, une étude va être menée afin d'estimer le niveau de pression acoustique dans ce bureau et de la comparer avec le **niveau ISO 35 [dBA]** maxi demandé.

Le chauffage et la climatisation de cette pièce sont assurés par la cassette GEA de type « GEKO ».

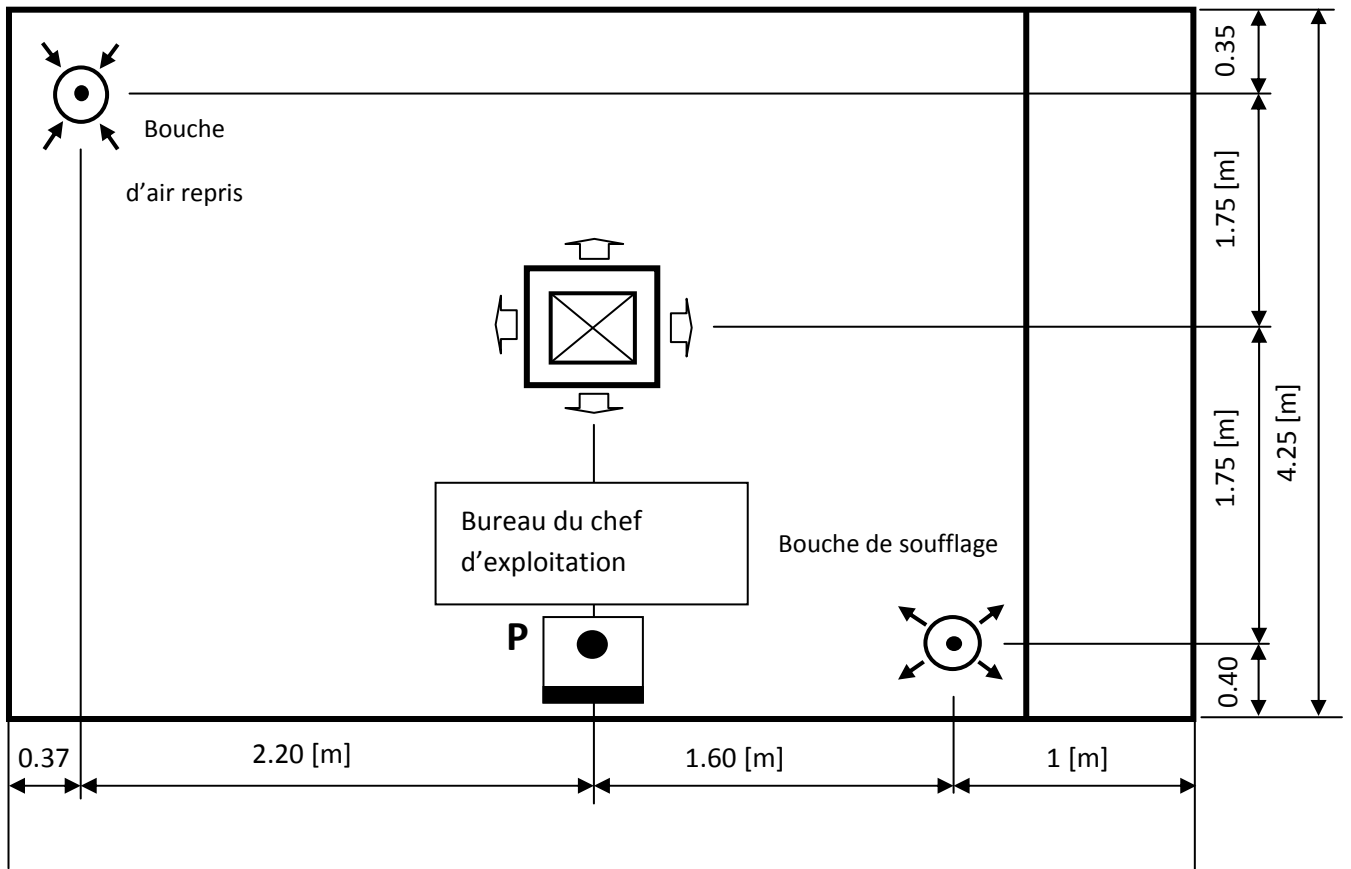
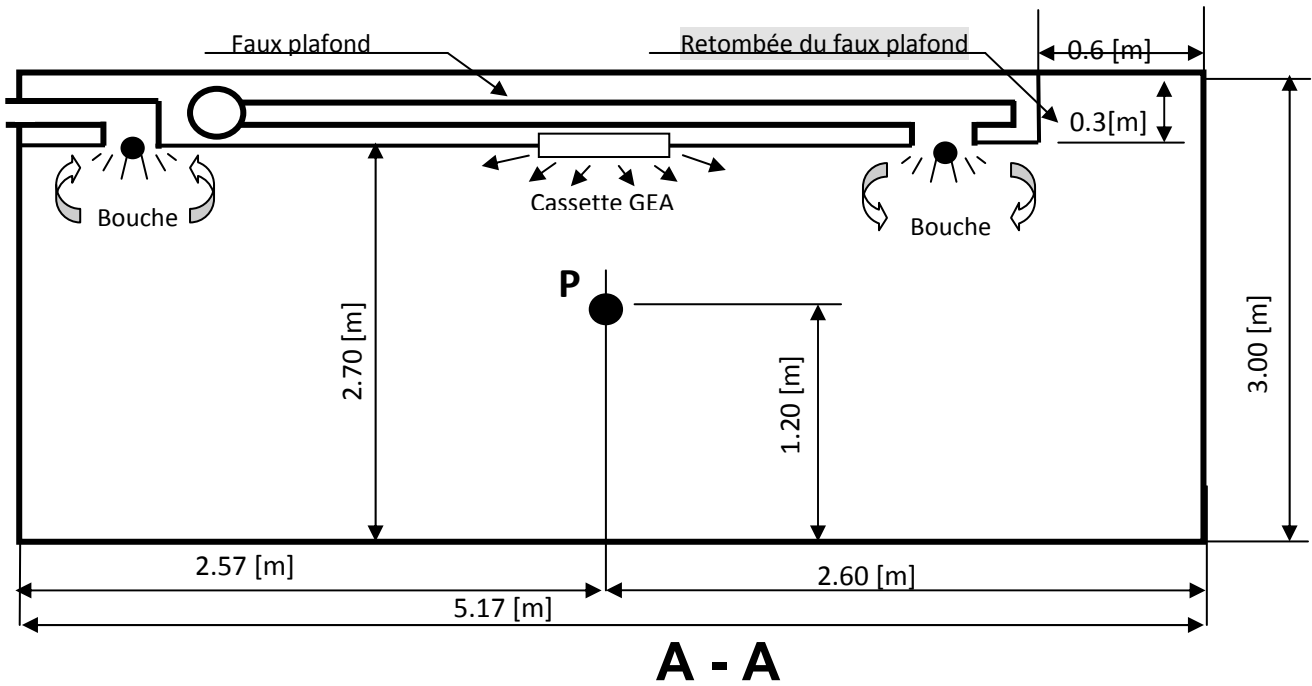
La ventilation mécanique contrôlée est quant à elle, assurée par une centrale de traitement d'air double flux qui dessert l'ensemble des bureaux. Une bouche de soufflage et une de reprise sont donc installées dans ce local.

Les données constructeurs ci-après vous indiquent les matériels mis en place et en fonction de leurs débits : les niveaux de pression acoustiques respectifs vous sont donnés.

## ANNEXE 13 (PLAN DU LOCAL À ÉTUDIER)



## ANNEXE 14 (DÉTAIL D'IMPLANTATION DES ÉQUIPEMENTS)



### Données complémentaires pour les calculs :

- Point d'écoute « P » à 1.20 [m] du sol ;
- Débits des bouches de soufflage et de reprise : **2 [Vol/h]** ;
- Pour une meilleure homogénéisation de la température dans la pièce, débit de la cassette de chauffage et climatisation : **11 [Vol/h]** ;
- Coefficient d'amortissement dû à l'air : **4m = 0** si  $f < 1000$  [Hz]  
**4m = 0.003** pour  $f = 1000$  [Hz]  
**4m = 0.007** pour  $f = 2000$  [Hz]  
**4m = 0.03** pour  $f \geq 4000$  [Hz]

### Caractéristiques des parois :

- Dimensions des portes **vitrées** donnant sur l'extérieur : H = 2.04 [m], l = 0.70 [m]
- Dimensions de la porte **vitrée** donnant sur la salle de réunion : H = 2.04 [m], l = 1.20 [m]
- Dimensions de la porte **vitrée** donnant sur le couloir : H = 2.04 [m], l = 0.90 [m]
- Cloison donnant sur la salle de réunion : **entièrement vitrée**
- Faux plafond : Plaques isolantes blanches en **laine de roche**
- Autres cloisons : **Placoplatre** type BA13
- Sol : **Moquette**
- Ensemble bureau et chaise : On considérera une surface de **bois** de 2 [m<sup>2</sup>]
- Le poteau de la structure « acier » sera considéré comme inexistant.

Fréquence [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
<b>Coefficients d'absorption acoustique des matériaux : <math>\alpha</math></b>						
$\alpha$ verre	0.08	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02
$\alpha$ laine de roche	0.29	0.52	0.69	0.89	0.96	0.97
$\alpha$ placoplâtre	0.02	0.03	0.04	0.05	0.03	0.03
$\alpha$ moquette	0.01	0.03	0.05	0.11	0.32	0.66
$\alpha$ bois	0.18	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07
S. $\alpha$ personne assise	0.15	0.23	0.56	0.78	0.88	0.89

Fréquence [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
Niveau de pression acoustique résiduel dû au ventilateur au niveau de la bouche de soufflage : $L_{VS}$ [dB]	73	70	42	11	2	6
Niveau de pression acoustique résiduel dû au ventilateur au niveau de la bouche de reprise : $L_{VR}$ [dB]	74	70	48	47	51	52
Directivité de la bouche de soufflage : $q_S$	2	2.1	2.4	2.7	3	3.5
Directivité de la bouche de reprise : $q_R$	4	4	4	4	4	4
Directivité de la cassette plafonnrière : $q_{K7}$	2	2	2	2	2	2
Pondération A pour bande d'octave ISO	-15.5	-8.5	-3	0	1	1
Niveau ISO 35 [dBA]	36.7	36.1	35.9	35	33.2	30.7

**Travail demandé :**

4.1 À l'aide du **document réponse : DR 4.1**, page 31/32 calculer la constante d'absorption du local RI.

4.2 Détermination des caractéristiques des bouches et de la cassette plafonnrière : **document réponse DR 4.2**, page 32/32 (Compléter, et encadrer les valeurs choisies)

4.2.1 Sachant que le volume de la pièce est de **60 [m<sup>3</sup>]**, calculer les différents débits.

4.2.2 Pour le débit calculé, définir les caractéristiques de la bouche de soufflage et le niveau de pression acoustique correspondant.

4.2.3 Pour le débit défini en 2.1), donner les caractéristiques de la bouche de reprise et le niveau de pression acoustique correspondant.

4.2.4 Pour le débit correspondant à la cassette, encadrer les caractéristiques de celle-ci.

**Nota :** Pour les questions à suivre, vous pourrez prendre les valeurs de RI ci-dessous :

Fréquence [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
Constante d'absorption : RI	9.8	15.2	21	30.3	40	60

4.3 Calculer le niveau de pression acoustique  $L_S$  [dB], par bande d'octave, du à la bouche de soufflage (Source « soufflage »), **au point d'écoute « P »**. (prendre en compte le niveau de pression résiduel du ventilateur de la CTA au soufflage «  $L_{VS}$  », avec celui de la bouche (2.2)).

4.4 Calculer le niveau de pression acoustique  $L_R$  [dB], par bande d'octave, du à la bouche de reprise (Source « Reprise »), **au point d'écoute « P »**. (prendre en compte le niveau de pression résiduel du ventilateur de la CTA à la reprise «  $L_{VR}$  », avec celui de la bouche (2.3)).

4.5 Calculer le niveau de pression acoustique  $L_{K7}$  [dB], par bande d'octave, du à la cassette plafonnrière (Source « Cassette »), **au point d'écoute « P »**.

4.6 En déduire le niveau de pression acoustique  $L_P$  au point d'écoute, pondéré A, relatif à l'association des différentes sources.

4.7 Quelle conclusion pouvez-vous apporter ?

**FORMULAIRE**

Niveau de pression acoustique :

$$L_p = L_s + 10 \log \left( \left( \frac{q}{4 \cdot \pi \cdot r^2} \right) + \left( \frac{4}{RI} \right) \right)$$

Amortissement dû à l'air dans une pièce :

$$A_a = 4 \cdot m \cdot V$$

Avec : V : Volume du local à traiter en [m<sup>3</sup>]

Constante d'absorption : A : [m<sup>2</sup> Sabine]

$$RI = \frac{A \cdot S}{S - A}$$

## ANNEXE 15 DOCUMENT RÉPONSE : DR 4.1 (constante d'absorption RI)

Calcul de la constante d'absorption RI								
Matériaux	Caractéristiques	125	250	500	1000	2000	4000	Observations
Portes vitrées	$\alpha$							
	S							
	S. $\alpha$							
Cloison vitrée	$\alpha$							
	S							
	S. $\alpha$							
Faux plafond isolant (Laine de roche)	$\alpha$							
	S							
	S. $\alpha$							
Plafond et retombée du faux plafond (Placoplatre)	$\alpha$							
	S							
	S. $\alpha$							
Cloisons restantes (Placoplatre)	$\alpha$							
	S							
	S. $\alpha$							
Sol (Moquette)	$\alpha$							
	S							
	S. $\alpha$							
Bureau et chaise (Bois)	$\alpha$							
	S							
	S. $\alpha$							
Personne assise	$\alpha$							
	S							
	S. $\alpha$							
$A_a = 4 \text{ m} \cdot V$								
$S = \sum S_i$								
$A = \sum S_i \cdot \alpha_i + 4 \text{ m} \cdot V$								
S - A								
S . A								
$RI = ( S . A ) / ( S - A )$								

## ANNEXE 16 DOCUMENT RÉPONSE D.R 4.2 (données constructeur)

**2.1) Calcul des débits :**      Bouches :       $Q_v =$       [Vol/h], donc  $Q_v =$       =      [m<sup>3</sup>/h]

Débit de la cassette :       $Q_v =$       [Vol/h], donc  $Q_v =$       =      [m<sup>3</sup>/h]

**2.2) Bouche de soufflage Anémotherm « ULA » :**

	qv (l/s)	(m <sup>3</sup> /h)	ΔPst (Pa)	ΔPtot (Pa)	F (Hz)						LpA [dB(A)]	NR	NC	
					125	250	500	1000	2000	4000				
ULA-160(R1/RW)	max	13	47	61	62	34	32	27	22	18	13	25	19	17
		15	54	83	83	39	37	32	27	23	18	30	24	22
		17	61	114	114	44	42	37	32	28	23	35	29	28
		20	72	153	154	49	47	42	37	33	28	40	34	33
	min	35	126	39	40	34	32	27	22	18	13	25	19	17
		41	148	52	54	39	37	32	27	23	18	30	24	22
		47	169	70	73	44	42	37	32	28	23	35	29	28
		54	194	93	97	49	47	42	37	33	28	40	34	33

**2.3) Bouche de reprise Anémotherm « ULA » :**

	qv (l/s)	(m <sup>3</sup> /h)	ΔPst (Pa)	ΔPtot (Pa)	F (Hz)						LpA [dB(A)]	NR	NC	
					125	250	500	1000	2000	4000				
ULA-160	max	22	79	73	73	31	29	26	24	21	13	25	20	18
		26	94	100	99	36	34	31	29	26	18	30	25	23
		30	108	135	134	41	39	36	34	31	23	35	30	29
		35	126	185	183	46	44	41	39	36	28	40	35	34
	min	50	180	25	21	31	29	26	24	21	13	25	20	18
		62	223	38	32	36	34	31	29	26	18	30	25	23
		77	277	58	50	41	39	36	34	31	23	35	30	29
		96	346	90	76	46	44	41	39	36	28	40	35	34

**2.4) Cassette plafonnrière GEA « Geko » :**

Type	Niveau de puissance	Vitesse de rotation	Débits d'air m <sup>3</sup> /h	Niveau de puissance sonore (dB)										Niveau de pression sonore *)			
				Fréquence médiane d'octave (Hz)										non pondéré		pondéré selon	
				63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	dB	dB(A)	dB	dB(A)	NR	NC
Simple	0	1	250	27	43	33	31	30	23	<20	<20	44	34	35	25	21	20
		2	310	27	41	37	33	31	23	<20	<20	44	35	35	26	22	20
		3	460	33	48	46	42	38	30	<20	<20	51	44	42	35	30	28
	1	1	330	27	42	39	33	26	<20	<20	<20	44	35	35	26	20	18
		2	480	33	40	40	42	33	29	<20	<20	52	43	43	34	29	27
		3	660	43	56	55	50	45	40	30	21	60	52	51	43	38	36
	2	1	480	37	47	47	44	38	31	<20	<20	51	44	42	35	31	29
		2	710	44	57	56	53	49	44	34	<20	61	54	52	45	40	39
		3	850	47	62	59	57	53	49	41	28	65	58	56	49	44	43