

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 3page 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 |

| 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"> - Le circuit « panneau rayonnant » pour le chauffage des ateliers (Gros volume d'air) - Les planchers chauffants des vestiaires et hall de réception. - Les batteries chaudes des deux centrales de traitement d'air. - Les batteries chaudes des différentes cassettes de traitement d'air des bureaux - L'appoint éventuel pour la production d'eau chaude sanitaire. <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 [m³]).

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].

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

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].

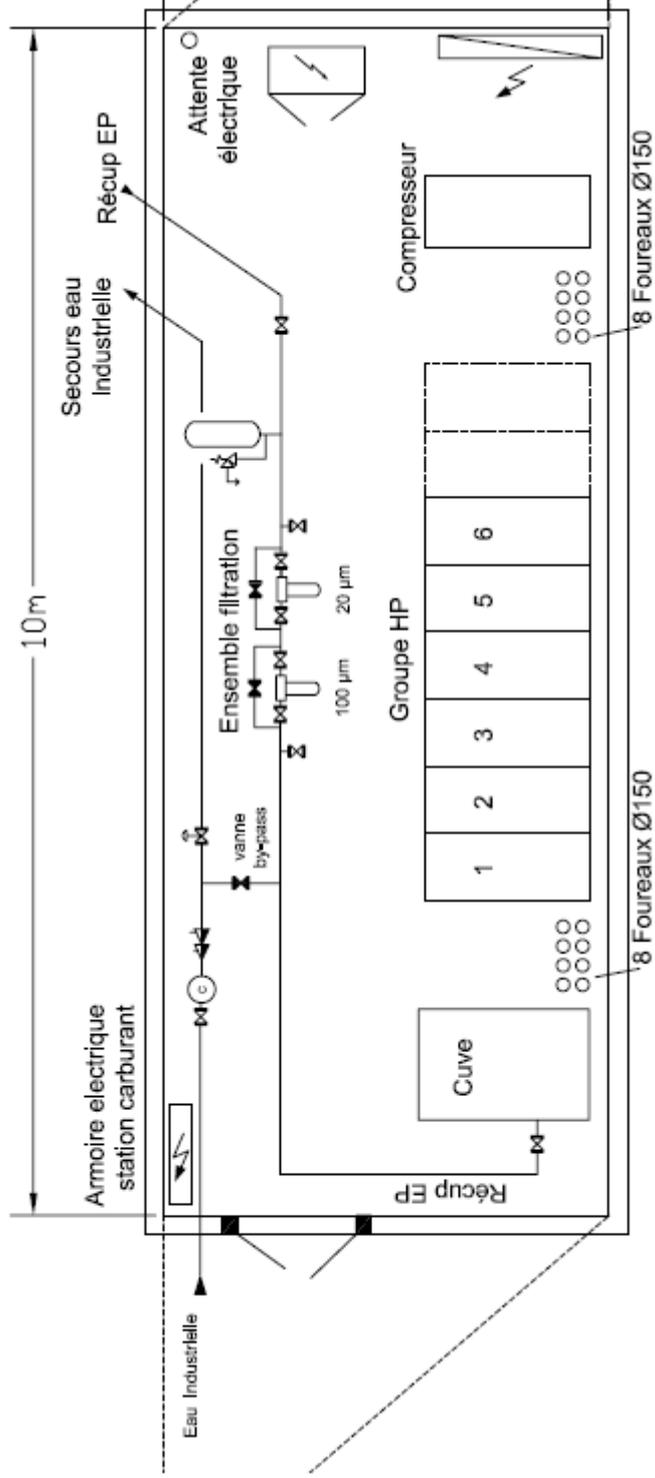
Question 1 D

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%.

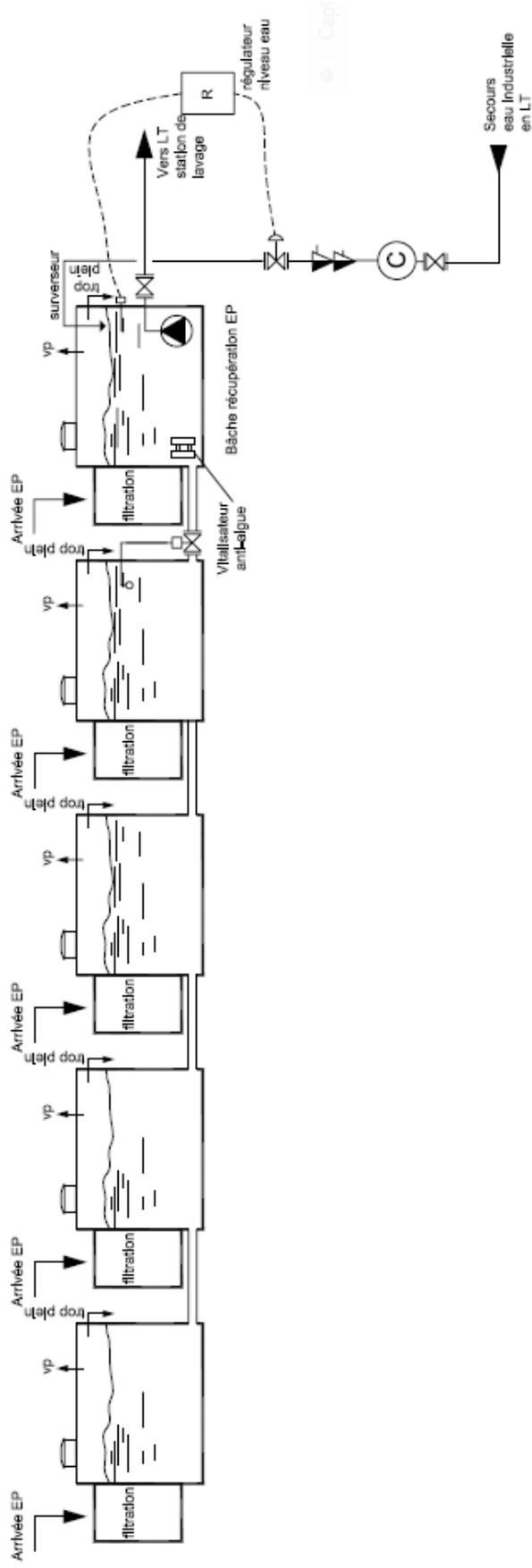
ANNEXE 1

Local technique (LT)

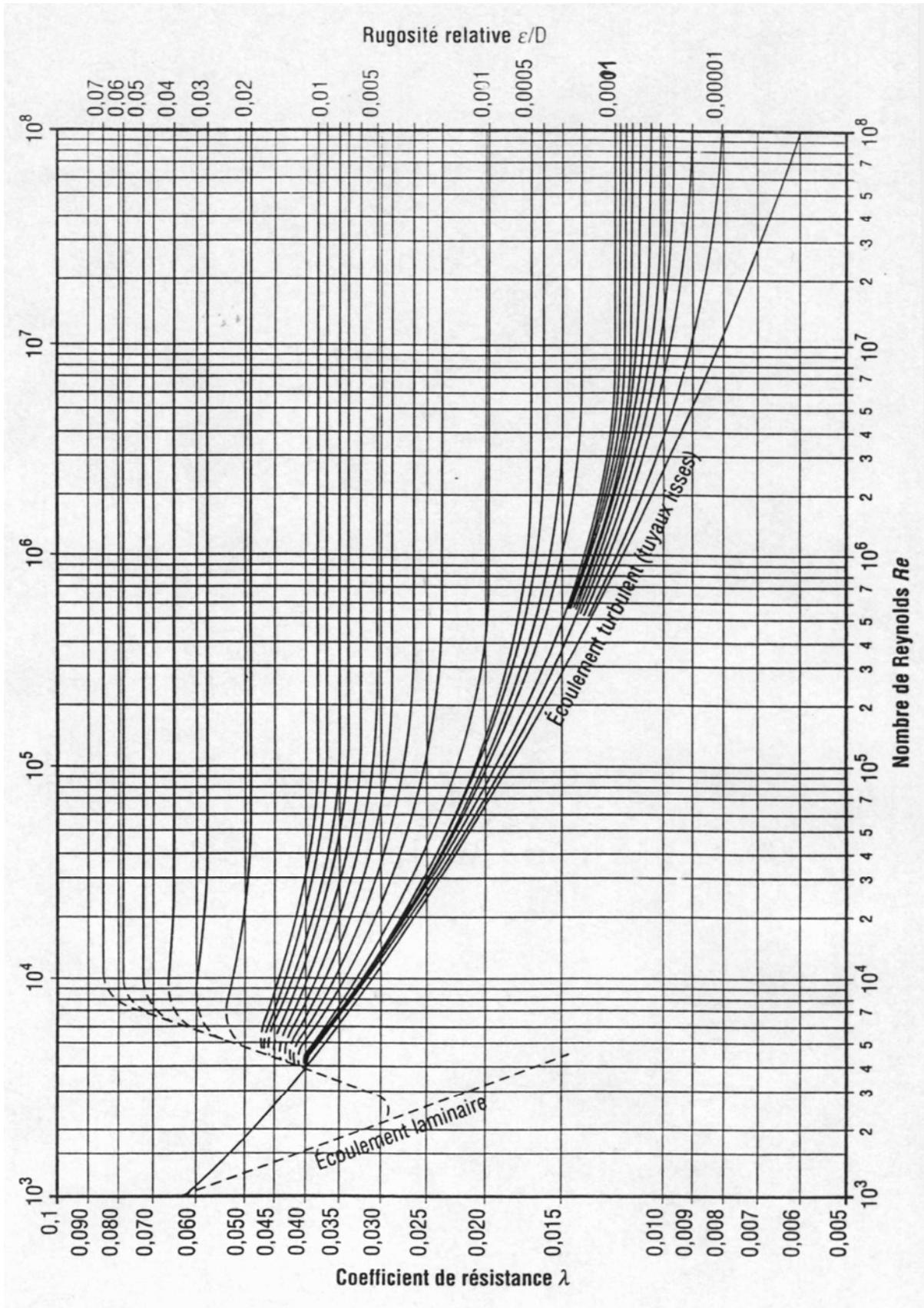


ANNEXE 2

(cuves de récupération des eaux de pluie)



ANNEXE 3 DOCUMENT RÉPONSE DR1.3

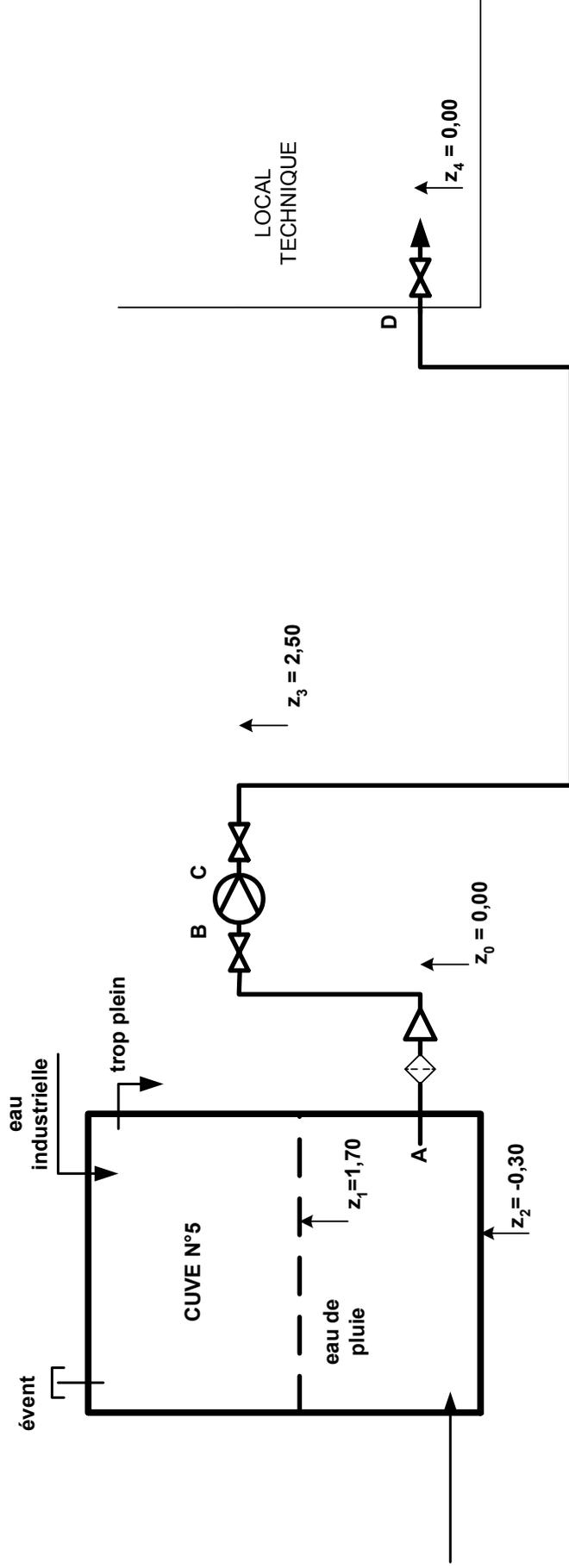


ANNEXE 4

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' INOCCUPATION et $\theta_{\text{ambiante}} = 20$ [°C] | Période d' OCCUPATION et $\theta_{\text{ambiante}} = 20$ [°C] | Période d' INOCCUPATION 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 [m³]

- 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 ³ /kg _{as}] | $V_{m1} = 0,832$ | $V_{m2} = 0,840$ | $V_{m3} = 0,843$ |
| Humidité absolue « r » en [kg _{eau} /kg _{as}] | $r_{\text{ambient 1}} = r_{\text{air neuf}} = 0,00158$ | $r_{\text{ambient 2}} = 0,0078$ | $r_{\text{ambient 3}} = r_{\text{air neuf}} = 0,00158$ |

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 00⁰

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_{eau}/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).

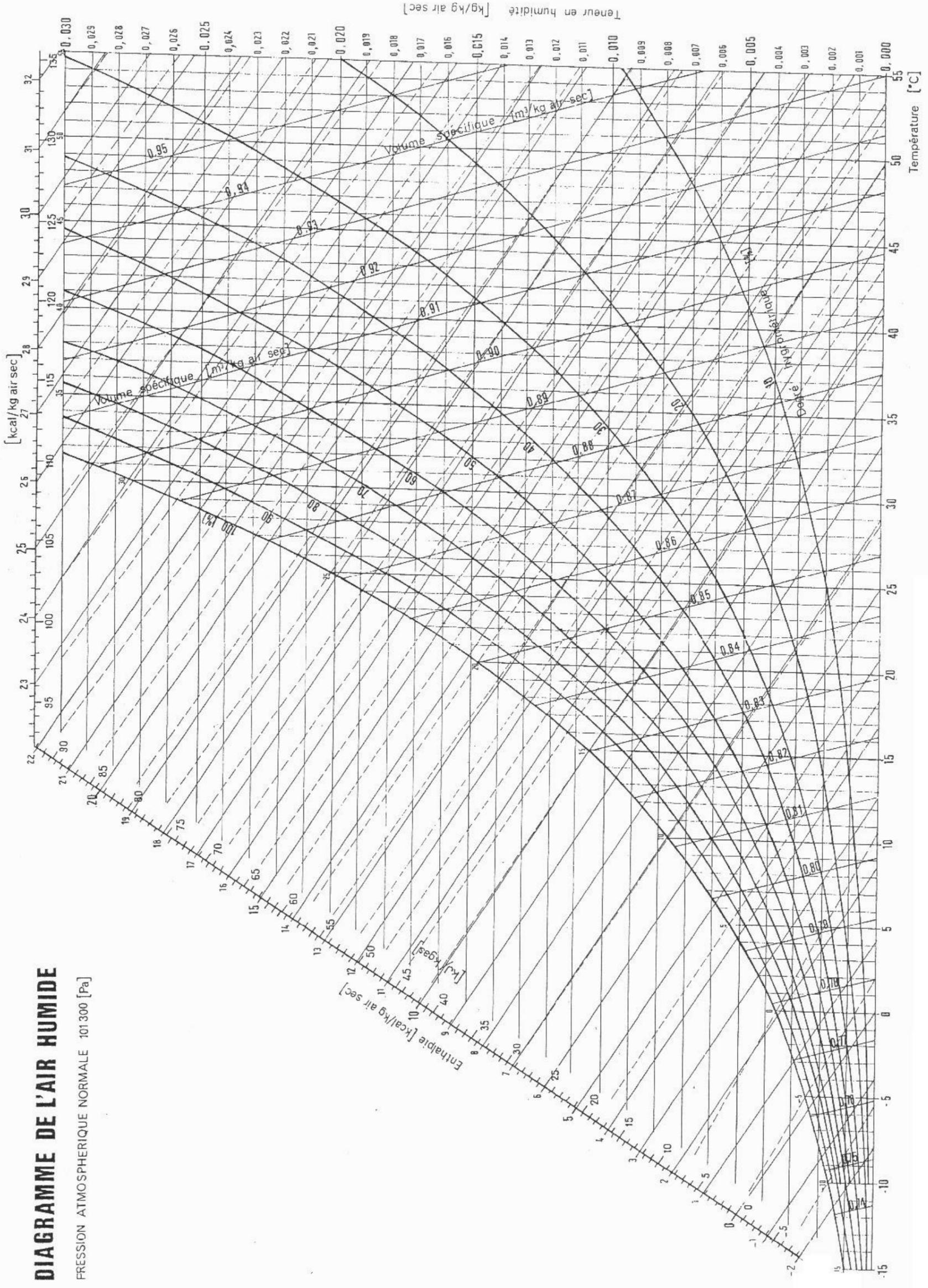
2.3.2 Calculer dans ce cas la puissance instantanée récupérée par l'échangeur de chaleur.

| | | |
|--|----------------|--------------|
| 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

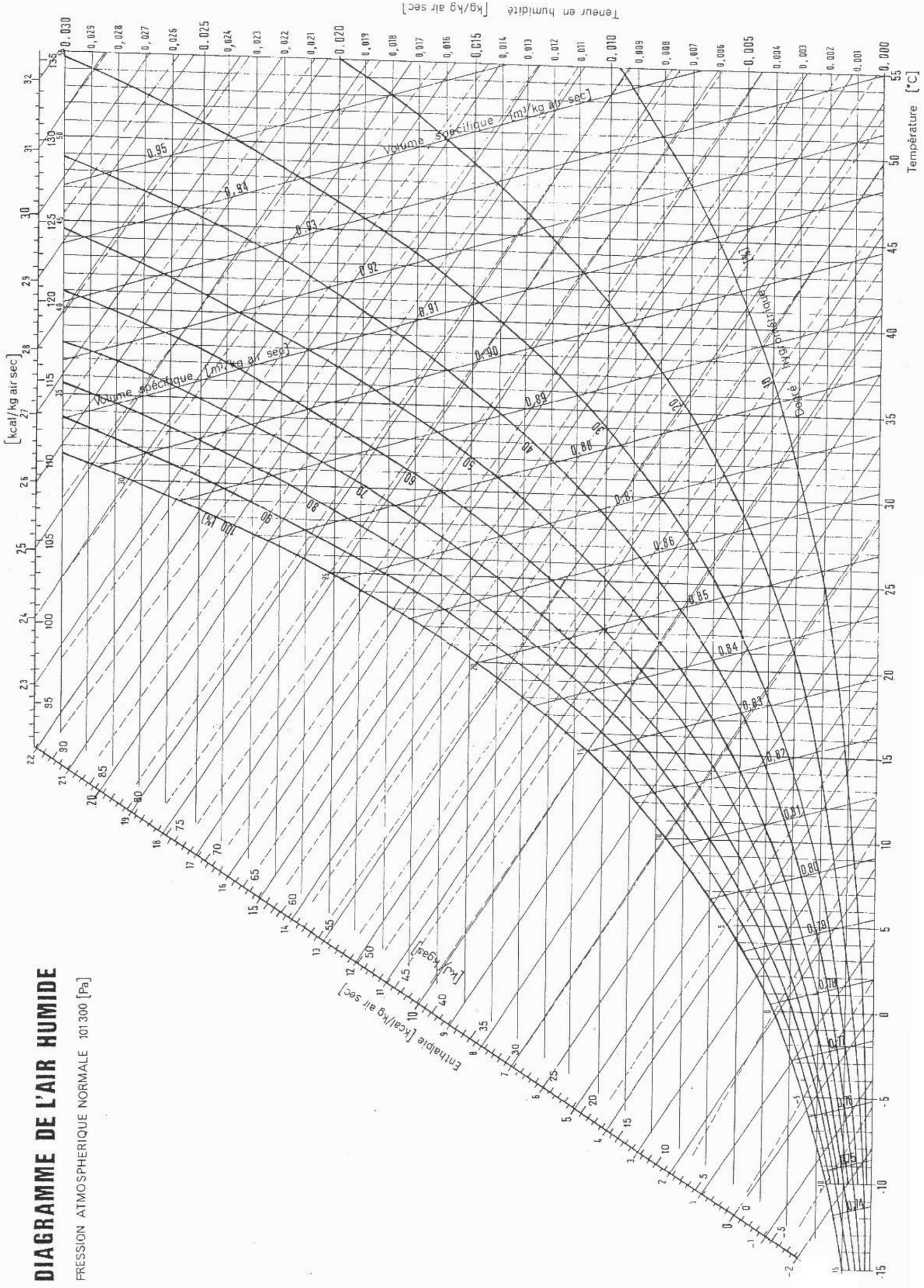
PRESSION ATMOSPHERIQUE NORMALE 101300 [Pa]



ANNEXE 6 DOCUMENT RÉPONSE DR2.2

DIAGRAMME DE L'AIR HUMIDE

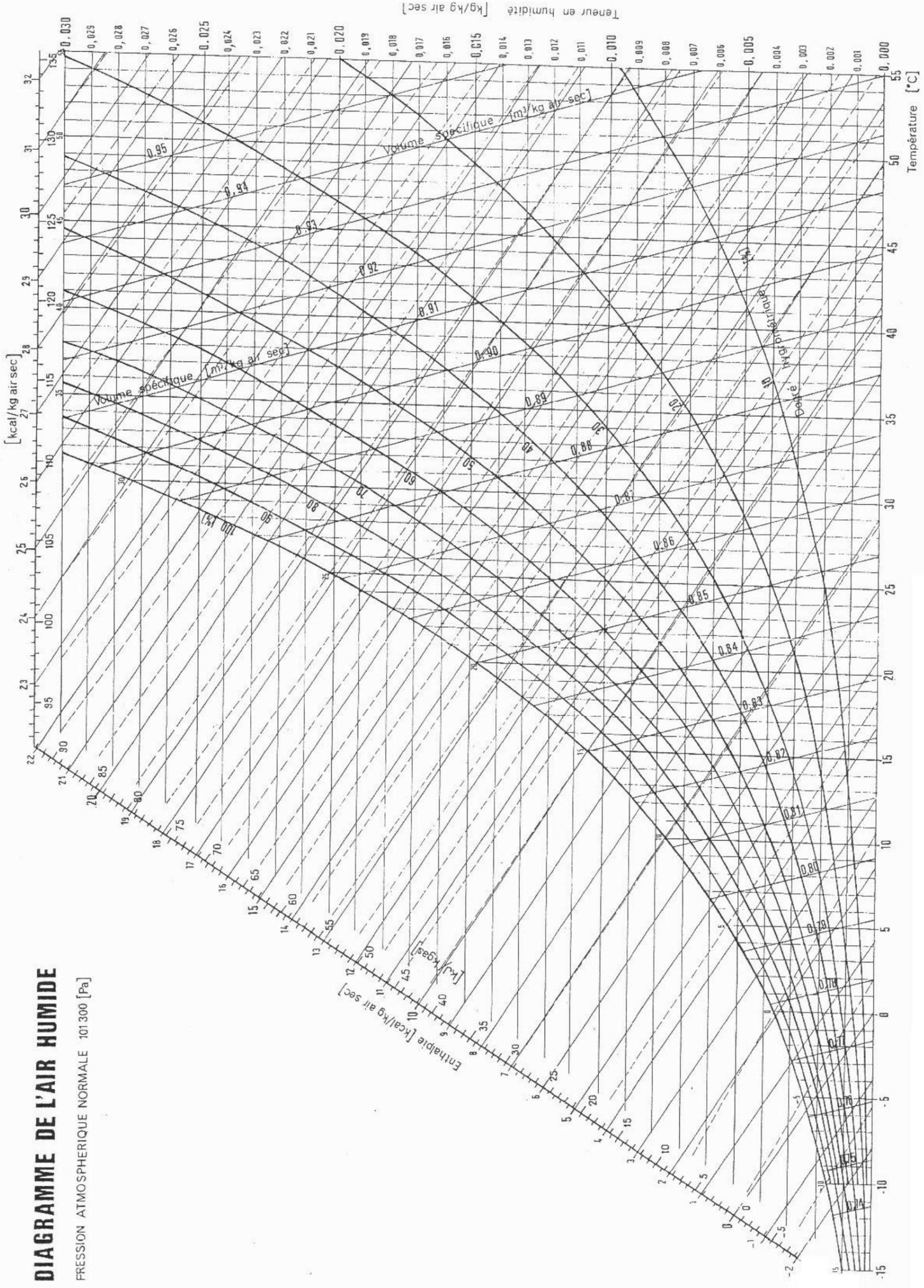
PRESSION ATMOSPHERIQUE NORMALE 101 300 [Pa]



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

| | θ la température sèche [°C] | θ_r la température de rosée [°C] | h l'enthalpie [kJ/kg _{as}] | φ l'humidité relative [%] | r l'humidité absolue [kg _{H2O} /kg _{as}] | vm le volume massique [m ³ /kg _{as}] |
|----------------------------|--|---|--|---|---|---|
| Extérieur | -9 | | | 90 | 0,00158 | |
| Sortie récupérateur | 8,4 | | | | | |
| Sortie batterie | | | | | | |
| Ambiance | 20 | | | | 0,00158 | 0,832 |

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

| | θ la température sèche [°C] | θ_r la température de rosée [°C] | h l'enthalpie [kJ/kg _{as}] | φ l'humidité relative [%] | r l'humidité absolue [kg _{H2O} /kg _{as}] | vm le volume massique [m ³ /kg _{as}] |
|----------------------------|--|---|--|---|---|---|
| Extérieur | -9 | | | 90 | 0,00158 | |
| Sortie récupérateur | | | | | | |
| Sortie batterie | 20 | | | | | |
| Ambiance | 20 | | | | | 0,840 |

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

| | θ la température sèche [°C] | θ_r la température de rosée [°C] | h l'enthalpie [kJ/kg _{as}] | φ l'humidité relative [%] | r l'humidité absolue [kg _{H2O} /kg _{as}] | vm le volume massique [m ³ /kg _{as}] |
|----------------------------|--|---|--|---|---|---|
| Extérieur | -9 | | | 90 | 0,00158 | |
| Sortie récupérateur | | | | | | |
| Ambiance | 24 | | | | 0,00158 | 0,843 |

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 [m²]**, d'une pompe à chaleur Solerpac au R 134a, d'un volume de stockage de 2 [m³] 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 [m²].

Le débit dans le circuit sera de l'ordre de 2 [m³/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 .

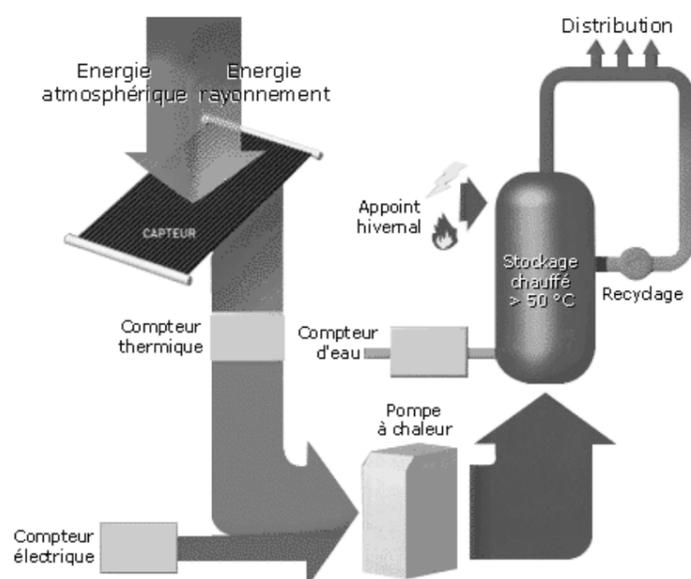
Ballon de stockage

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 spirales 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 [m³/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 $0,774 \cdot 10^{-3}$ [dm³/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_{chaud} de la PAC.

3.6 Déterminer à l'aide des courbes constructeur la valeur du COP_{chaud} 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

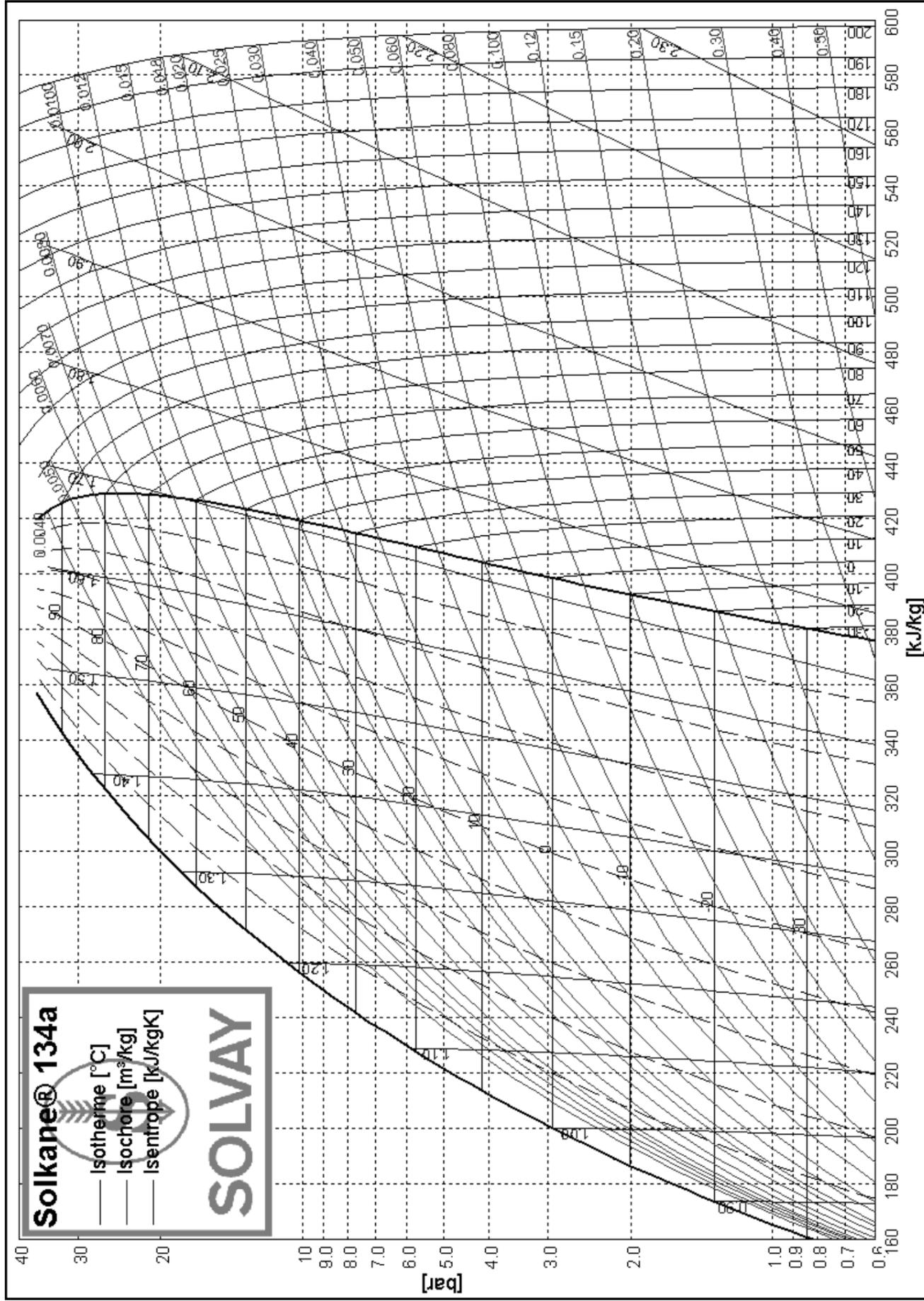
Schéma frigorifique à compléter



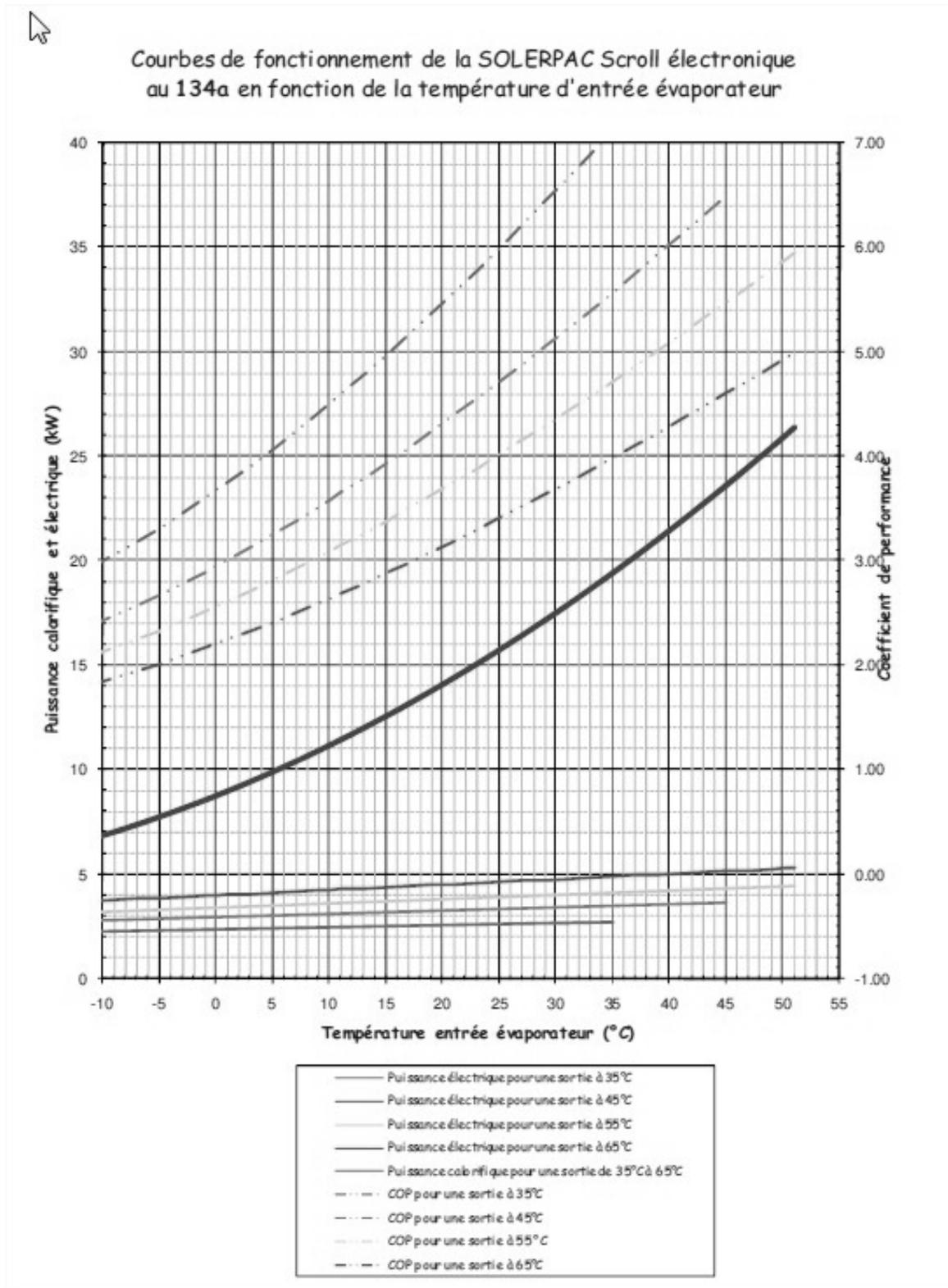
Tableau de coordonnées des points remarquables du cycle frigorifique

| Points | θ [°C] | p [bar] | h [kJ/kg] | S [kJ/kg.K] | v [dm ³ /kg] | x |
|--------|------------------|------------|--------------|----------------|----------------------------|---|
| (1') | | | | | | |
| (2') | | | | | | |
| (3') | | | | | | |
| (4') | | | | | | |
| (5') | | | | | | |
| (6') | | | | | | |

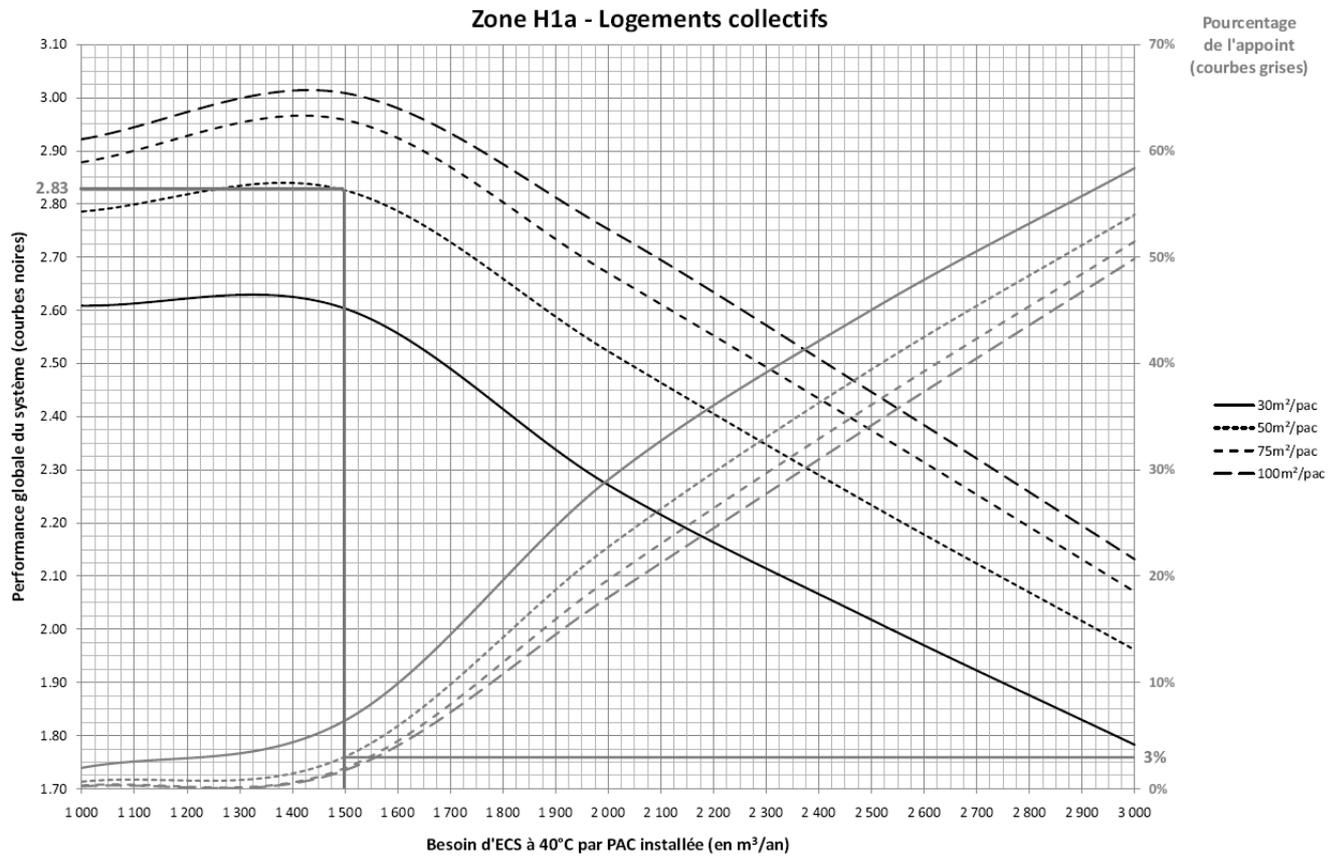
ANNEXE 10 DOCUMENT RÉPONSE DR3.2 (DIAGRAMME R134A)



ANNEXE 11 DOCUMENT RÉPONSE DR3.3



ANNEXE 12 DOCUMENT RÉPONSE DR3.4



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

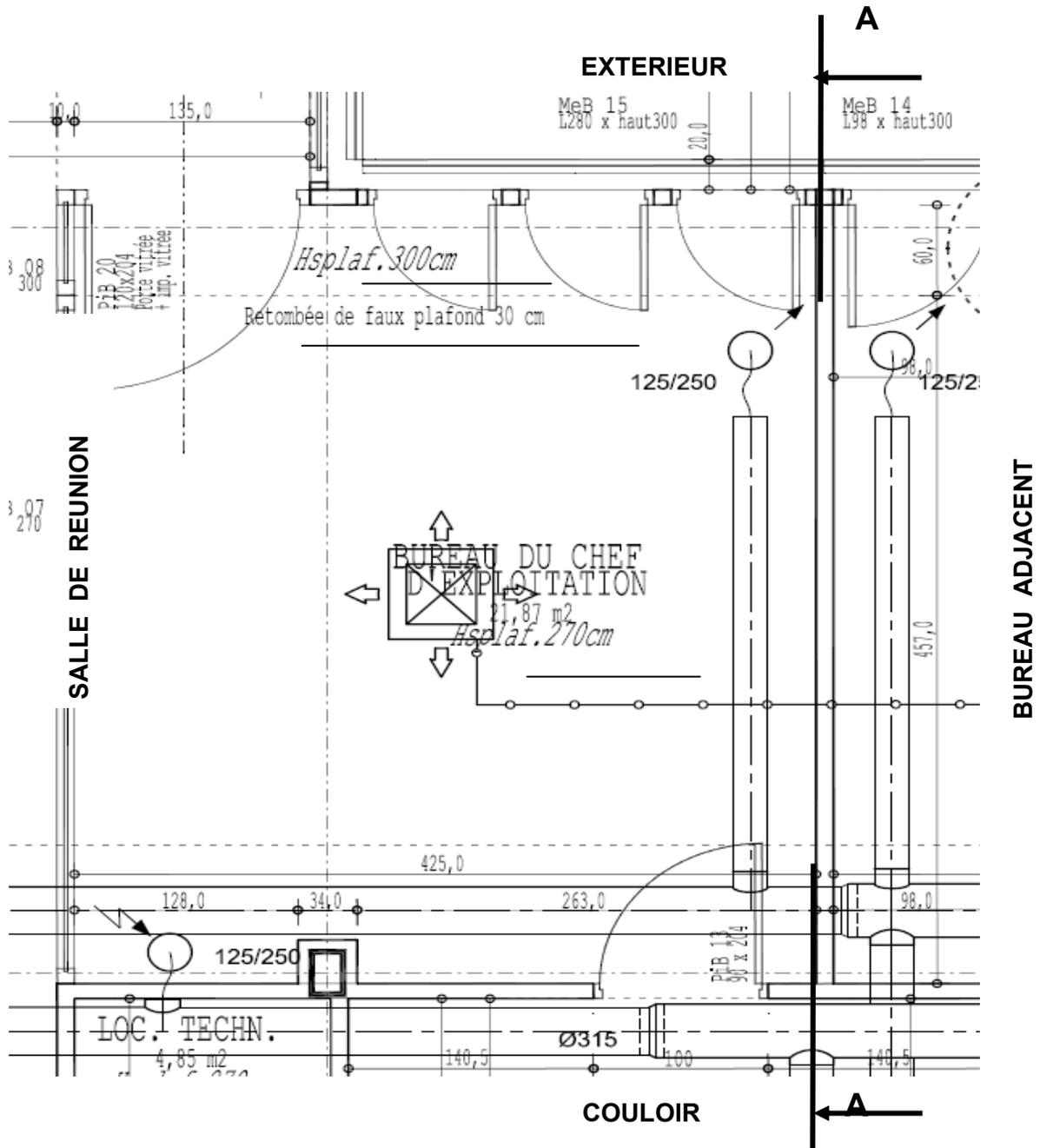
Pour cette partie, une étude va être menée afin d'estimer le niveau de pression acoustique dans ce bureau et de la comparer avec le **niveau ISO 35 [dBA]** maxi demandé.

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

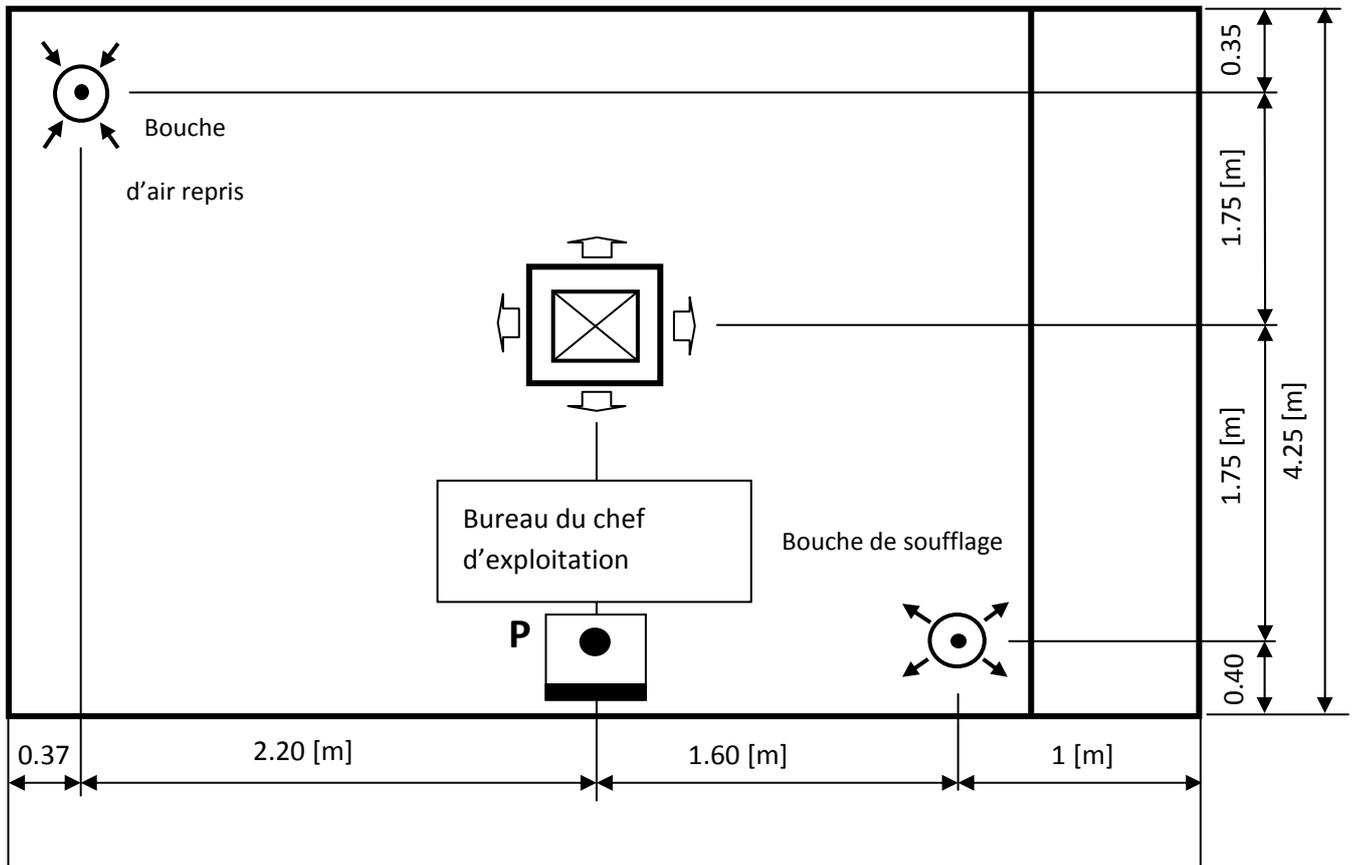
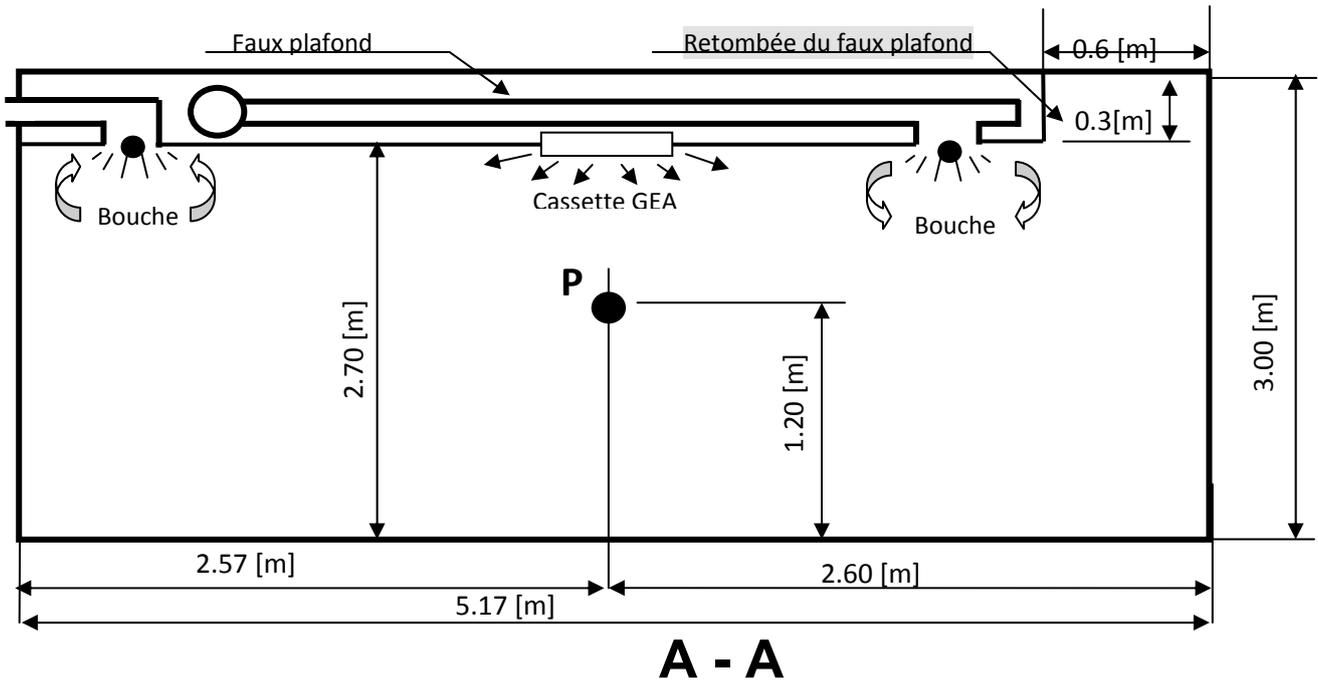
La ventilation mécanique contrôlée est quant à elle, assurée par une centrale de traitement d'air double flux qui dessert l'ensemble des bureaux. Une bouche de soufflage et une de reprise sont donc installées dans ce local.

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 [m²]
- Le poteau de la structure « acier » sera considéré comme inexistant.

| Fréquence [Hz] | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 |
|---|------|------|------|------|------|------|
| Coefficients d'absorption acoustique des matériaux : α | | | | | | |
| α verre | 0.08 | 0.04 | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 0.02 |
| α laine de roche | 0.29 | 0.52 | 0.69 | 0.89 | 0.96 | 0.97 |
| α placoplâtre | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.03 | 0.03 |
| α moquette | 0.01 | 0.03 | 0.05 | 0.11 | 0.32 | 0.66 |
| α bois | 0.18 | 0.12 | 0.10 | 0.09 | 0.08 | 0.07 |
| S. α 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 [m³]**, 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 [m³]

Constante d'absorption : A : [m² 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 | α | | | | | | | |
| | S | | | | | | | |
| | S. α | | | | | | | |
| Cloison vitrée | α | | | | | | | |
| | S | | | | | | | |
| | S. α | | | | | | | |
| Faux plafond isolant (Laine de roche) | α | | | | | | | |
| | S | | | | | | | |
| | S. α | | | | | | | |
| Plafond et retombée du faux plafond (Placoplatre) | α | | | | | | | |
| | S | | | | | | | |
| | S. α | | | | | | | |
| Cloisons restantes (Placoplatre) | α | | | | | | | |
| | S | | | | | | | |
| | S. α | | | | | | | |
| Sol (Moquette) | α | | | | | | | |
| | S | | | | | | | |
| | S. α | | | | | | | |
| Bureau et chaise (Bois) | α | | | | | | | |
| | S | | | | | | | |
| | S. α | | | | | | | |
| Personne assise | α | | | | | | | |
| | S | | | | | | | |
| | S. α | | | | | | | |
| $A_a = 4 \text{ m} \cdot V$ | | | | | | | | |
| $S = \sum S_i$ | | | | | | | | |
| $A = \sum S_i \cdot \alpha_i + 4 \text{ m} \cdot V$ | | | | | | | | |
| $S - A$ | | | | | | | | |
| $S \cdot A$ | | | | | | | | |
| $RI = (S \cdot A) / (S - A)$ | | | | | | | | |

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

2.1) Calcul des débits : Bouches : $Q_v =$ [Vol/h], donc $Q_v =$ = [m³/h]

Débit de la cassette : $Q_v =$ [Vol/h], donc $Q_v =$ = [m³/h]

2.2) Bouche de soufflage Anémotherm « ULA » :

| | qv (l/s) | (m ³ /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 ³ /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 ³ /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 |