



# Rapport de projet de fin d'études Semestre 4, Mai-Juin 2021

## Rénovation du musée Labenche à Brives



Tuteur IUT : Laurent ULMET

Tuteur entreprise : Christian DUBOIS

Date de soutenance : 17/06/2021

BERTRAND Thomas 43B

PRADEL Valentin 41B



## Remerciements

Nous remercions tout d'abord Mr. Christian DUBOIS, Directeur du bureau d'étude SYNERGIE à Brive-la-Gaillarde, pour le projet de fin d'étude qu'il a proposé à l'IUT et pour son temps accordé à celui-ci lors de nos rencontres.

Nous souhaitons également remercier Mr. Laurent ULMET, enseignant chercheur à l'IUT, pour son professionnalisme et sa disponibilité tout au long de notre projet lors de nos divers interrogations et problèmes sur Pleiades.

## Sommaire

|                                                        |    |
|--------------------------------------------------------|----|
| Introduction.....                                      | 1  |
| Présentation du projet .....                           | 2  |
| Etude du projet.....                                   | 3  |
| I.Modélisation projet.....                             | 3  |
| A.Composition des parois.....                          | 4  |
| B.Données météo .....                                  | 5  |
| C.Vitrages.....                                        | 5  |
| II.Calcul déperditions.....                            | 6  |
| A.Résultat déperditions.....                           | 6  |
| B.Dimensionnement des radiateurs.....                  | 7  |
| III. .STD .....                                        | 9  |
| A.Chauffage .....                                      | 9  |
| B.Climatisation.....                                   | 9  |
| C.Puissance dissipée .....                             | 9  |
| D.Occupation.....                                      | 10 |
| E.Usage .....                                          | 10 |
| F.Résultat STD.....                                    | 10 |
| IV.Dimensionnement des CTA.....                        | 12 |
| V.Dimensionnement des cassettes .....                  | 14 |
| VI.Dimensionnement de l'armoire de climatisation ..... | 15 |
| VII.Dimensionnement canalisation .....                 | 16 |
| Conclusion .....                                       | 17 |
| Annexes .....                                          | v  |

## Introduction

A l'issue de nos deux années de DUT Génie Civil au sein de l'IUT d'Egletons dans le département du Limousin, nous devons effectuer un Projet de Fin d'Etudes par binôme de manière à terminer et obtenir notre diplôme universitaire technologique. Afin d'accomplir un projet de fin d'études en rapport avec notre souhait professionnel, nous avons eu le choix entre trois domaines différents (Bâtiment, Travaux Publics et Maîtrise Énergétique et Environnementale).

Nous avons voulu effectuer notre PFE dans le domaine de la maîtrise énergétique et environnementale en choisissant le projet de la rénovation du musée Labenche à Brive-la-Gaillarde dans le Corrèze.

Le projet de fin d'études a pour objectif de nous sensibiliser à travailler en autonomie par binôme sur un projet complet proposé par des professionnelles. Au cours de nos deux années de DUT, nous avons développé de nombreux savoir-faire et savoir-être qui vont nous permettre d'accomplir ce projet dans de bonnes conditions. En effet, durant les quatre semaines, nous nous sommes réparti les tâches et nous avons répondu au besoin du client.

Ce rapport de projet de fin d'étude fera une synthèse de nos quatre semaines de travail passées sur ce projet très intéressant. Tout d'abord, nous présenterons le projet dans sa globalité avec la modélisation du musée sur Pleiades. Nous aborderons ensuite, dans une deuxième partie, les calculs de déperditions et les simulations thermiques dynamiques. Enfin, nous terminerons par le dimensionnement et les choix techniques des différents éléments de chauffage, ventilation et climatisation.

## Présentation du projet

Le musée Labenche est situé à Brive-La-Gaillarde. A l'origine, ce bâtiment a été construit en 1540 par Jean de Calvimont, seigneur de la Labenche afin d'en faire un hôtel. Il a ensuite été racheté par la ville de Brive en 1908. Depuis, il a eu différentes utilisations telles qu'hôpital de la Croix Rouge pendant la Première Guerre Mondiale, mais aussi salle d'asile, casernement militaire, bourse du travail, siège d'associations culturelles, écoles de musique, écoles laïques et même bibliothèque. Enfin, la ville transfère son musée d'arts et d'histoire dans l'Hôtel Labenche en 1979. Après une grosse restauration, le musée ouvre ses portes en 1989 et reçoit l'appellation de « musée de France » en 2002.

Le travail qui nous a été confié pour ce projet de fin d'études est, dans un premier temps, de faire un diagnostic de l'existant. Nous devons ensuite calculer les déperditions et les apports sur Pleiades afin de pouvoir envisager des solutions techniques. Puis nous devons dimensionner ces solutions ainsi que leur moyen de production. Enfin, nous ferons un plan d'exécution et un CCTP afin de résumer notre travail.

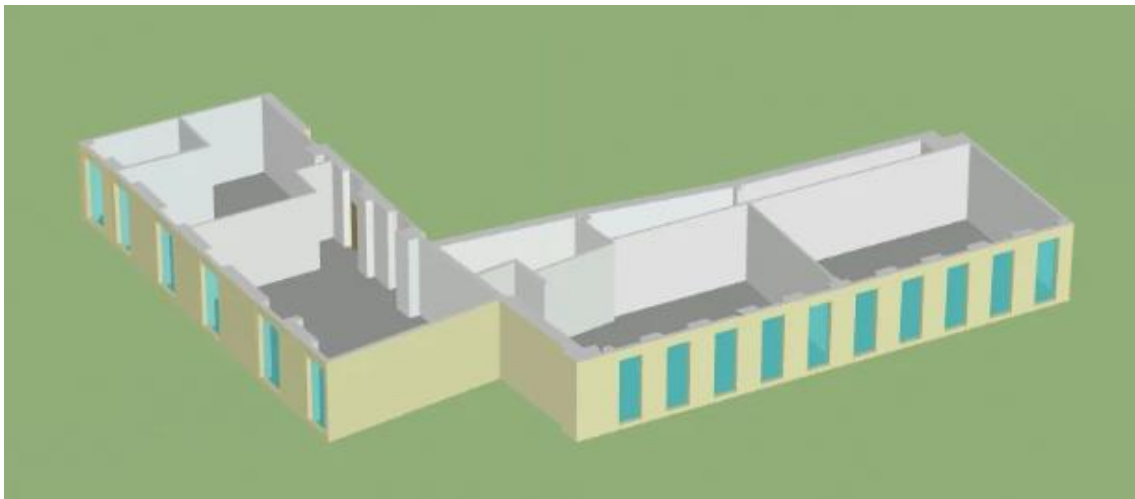
## Etude du projet

### I. Modélisation projet

Afin de travailler chacun sur une partie du bâtiment, nous nous sommes divisé le musée en deux parties. Thomas s'est occupé de la partie Sud et Valentin de la partie Nord.

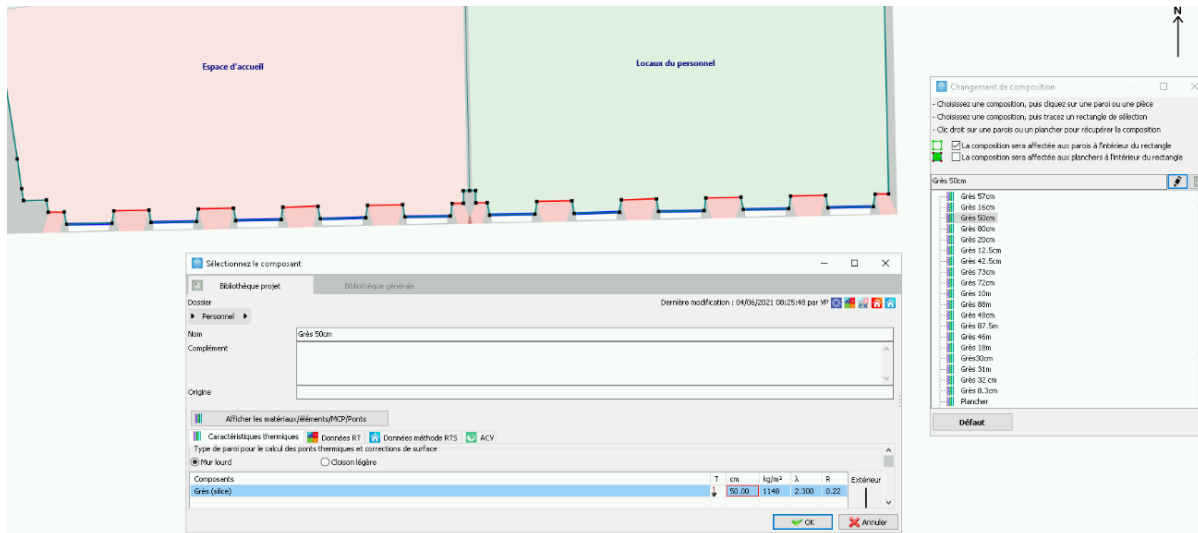
Avec les différents plans AutoCAD et photos existantes du musée, nous avons chacun modélisé le rez-de-chaussée du musée sur le logiciel Pleiades.

La modélisation nous a demandé plus de temps que prévu car ils nous manquaient plusieurs informations sur la composition des parois.



## A. Composition des parois

Pour la composition des parois du musée Labenche, nous avons fait l'hypothèse de prendre des murs en grès silice avec une conductivité thermique de  $2.3 \text{ W/(m.K)}$ . Nous avons créé une bibliothèque avec différentes épaisseurs de parois afin d'avoir une modélisation se rapprochant le plus possible de la réalité.



Manquant d'information sur la composition du plancher bas, nous avons fait l'hypothèse qu'il était composé de 30 cm de terre sèche et 30 cm de pierre granite.

Les salles situées à l'étage étant chauffées à la même température, nous avons créé un plancher intermédiaire mitoyen qui, par définition, ne sera pas déperditif.

Nous avons ensuite appliqué des ponts thermiques à ces parois. En effet, les murs étant très déperditifs, les ponts thermiques sont d'autant plus importants.

Nous avons donc appliqué à chaque angles rentrants et sortants des ponts thermiques correspondant. Ensuite, nous nous sommes occupés des ponts thermiques situés au niveau des allèges. Pour ce faire, nous avons utilisé le logiciel Cast3M spécifique qui nous a permis de déterminer avec précision la valeur du  $\psi$  en fonction de l'épaisseur d'allège et de l'épaisseur totale du mur.

Pour les murs de 50cm avec une allège de 25cm, nous obtenons un  $\psi$  de  $0,778 \text{ W/(m.K)}$  ce qui représente une très grosse sources déperditions. De la même manière, nous rentrons une épaisseur d'allège de 30cm pour un mur de 80cm dans le logiciel. Celui-ci nous renvoie une valeur similaire à la première de  $0,768 \text{ W/(m.K)}$ .



## B. Données météo

Le musée Labenche se situe dans le département de la Corrèze à Brive-la-Gaillarde à une altitude d'environ 132 mètres.

Nous avons choisi de prendre la station météo Macon-H1c (RT2012).

Avec la situation géographique du musée, la température de base est de -10 °C. La température du sol pour une profondeur de 10 mètres est d'environ 15°C.

## C. Vitrages

Pour la partie vitrage, nous avons effectué nos calculs avec des menuiseries en bois possédant un double vitrage 4/6/4.

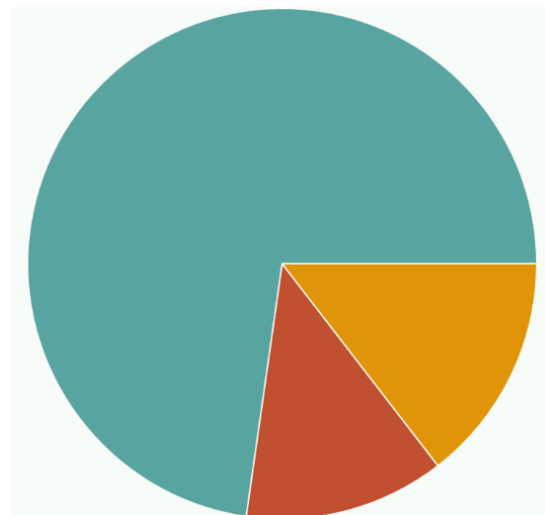
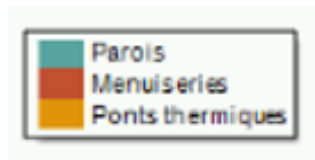
Nous avons ensuite rentré les ponts thermiques des appuis, des linteaux et des tableaux.

## II. Calcul déperditions

Après avoir terminé la modélisation du projet en respectant la composition des parois, des fenêtres et des ponts thermiques, nous avons calculé les déperditions des différentes pièces du projet.

### A. Résultats déperditions

Comme nous pouvons le voir avec les résultats des calculs de déperditions ci-dessous, il y a beaucoup de déperditions dans ce musée. En effet, de nombreuses parois du musée ne sont pas isolées, ce qui explique les déperditions élevées des parois du musée. Le reste des déperditions sont par les menuiseries et ponts thermiques.



| Déperditions          |                                                                                         | kW     |           | Détails     |              |                        |  |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----------|-------------|--------------|------------------------|--|
| Pièces                | Détails                                                                                 | Global | Enveloppe | Ventilation | Surpuissance | Prétraitement air neuf |  |
| Génération Bâtiment 1 |                                                                                         | 36.07  | 35.74     | 1.13        | 0            | 0                      |  |
| Espace d'accueil      | <div>Paroi</div> <div>Ouverture</div> <div>Pont thermique</div> <div>Infiltration</div> | 7.47   | 6.99      | 0.48        | 0            |                        |  |
| Locaux du personnel   | <div>Paroi</div> <div>Ouverture</div> <div>Pont thermique</div> <div>Infiltration</div> | 9.06   | 8.6       | 0.47        | 0            |                        |  |
| Atelier               | <div>Paroi</div> <div>Ouverture</div> <div>Pont thermique</div> <div>Infiltration</div> | 12.02  | 11.2      | 0.82        | 0            |                        |  |
| Sanitaires            | <div>Paroi</div> <div>Infiltration</div>                                                | 1.95   | 1.9       | 0.05        | 0            |                        |  |
| Storage               | <div>Paroi</div> <div>Ouverture</div> <div>Pont thermique</div> <div>Infiltration</div> | 7.5    | 7.05      | 0.45        | 0            |                        |  |

| Déperditions          |                                                                                         | kW     |           | Détails     |              |                        |  |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----------|-------------|--------------|------------------------|--|
| Pièces                | Détails                                                                                 | Global | Enveloppe | Ventilation | Surpuissance | Prétraitement air neuf |  |
| Génération Bâtiment 1 |                                                                                         | 32.07  | 31.31     | 1.56        | 0            | 0                      |  |
| Salle de conférence   | <div>Paroi</div> <div>Ouverture</div> <div>Pont thermique</div> <div>Infiltration</div> | 12.3   | 11.22     | 1.08        | 0            |                        |  |
| Salle d'exposition 3  | <div>Paroi</div> <div>Ouverture</div> <div>Pont thermique</div> <div>Infiltration</div> | 16.13  | 14.6      | 1.54        | 0            |                        |  |
| Office Catering 1     | <div>Paroi</div> <div>Ouverture</div> <div>Pont thermique</div> <div>Infiltration</div> | 6      | 5.49      | 0.51        | 0            |                        |  |

## B. Dimensionnement des radiateurs

Avec les déperditions calculées précédemment, nous avons dimensionné les radiateurs pour chaque pièce. Les radiateurs serviront à maintenir une température minimale de 15°C en dehors des horaires d'ouverture.

Pour cela, nous avons fait le choix de prendre des radiateurs de marque Reggane 3000. Avec la fiche technique du fabricant, nous les avons définis en fonction des besoins de la pièce.

D'autres part, lorsque nous avons exporté le détail des déperditions sur Excel, nous nous sommes rendu compte que le logiciel Pleiades n'avait pas supprimé les déperditions du plancher intermédiaire. Nous avons alors enlevé manuellement les déperditions des planchers mitoyens afin d'avoir les déperditions exactes pour dimensionner les radiateurs.

Le logiciel Pleiades a calculé une déperdition d'environ 12 300 W dans la salle de conférence. En enlevant les déperditions du plancher mitoyen, nous avons une déperdition totale 10 650 W.

| Salle de Conférence | 19 °C                           |             |        |              |         |          |
|---------------------|---------------------------------|-------------|--------|--------------|---------|----------|
| Nom                 | Type                            | Donnant sur | Métré  | Conductivité | T° adj. | Deperd.  |
| Plancher 2/1        |                                 | Sol         | 104,55 |              | 11,00   | 774,20   |
|                     | Plancher bas sur terre-plein    |             | 104,55 | 0,93         |         | 774,20   |
| Toiture 2/2         |                                 | Mitoyen     | 104,55 |              | 11,00   | 1 653,53 |
|                     | Plancher intermédiaire          |             | 104,55 | 1,98         |         | 1 653,53 |
| Façade 2/3          |                                 | Extérieur   | 4,46   |              | -8,00   | 487,53   |
|                     | Mur grès 50cm                   |             | 2,36   | 2,58         |         | 164,66   |
|                     | Porte bois extérieure 1m x 2.1m |             | 2,10   | 5,00         |         | 283,50   |

Radiateurs salle de conférence :

A l'aide de la fiche technique des radiateurs Reggane 3000, nous avons fait le choix de prendre des radiateurs verticaux de type 21 V. Avec une hauteur de 210cm et une largeur de 75cm, les radiateurs verticaux 21 V possède 15 éléments.

### VERTICAUX

| Hauteurs 1500* (uniquement 10V) - 1800 - 1950 - 2100 |     |     |     |
|------------------------------------------------------|-----|-----|-----|
| Longueurs (mm)                                       | 450 | 600 | 750 |
| Nombre d'éléments                                    | 9   | 12  | 15  |

Nous avons trouvé avec le tableau ci-dessous qu'il nous faut 4 radiateurs verticaux 21V afin de répondre aux déperditions de la salle de conférence.

Puissance radiateur 21 V (210 x 75cm) :

Nombre éléments x Puissance élément = 15 x 178.3 = 2 674.5 W

Nombre de radiateurs : 10 650 / 2674.5 = 3.98

Nous avons choisi de prendre quatre radiateurs 21V, ce qui représente une puissance de 10 698 W.

La puissance des quatre radiateurs est bien supérieure aux déperditions totales.

#### Reggane Vertical Standard et Habillé

| GAMME | 1500 |         | 1800  |         | 1950  |         | 2100  |         |
|-------|------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|
|       | P50  | n       | P50   | n       | P50   | n       | P50   | n       |
| 10V   | 72,9 | 1,29800 | 85,0  | 1,33700 | 91,0  | 1,33600 | 97,3  | 1,34100 |
| 20V   | -    | -       | 137,0 | 1,31200 | 146,0 | 1,31300 | 156,0 | 1,30800 |
| 21V   | -    | -       | 158,3 | 1,35510 | 167,5 | 1,36800 | 178,3 | 1,35310 |

Dans toutes les pièces chauffées du musée, nous avons choisi deux modèles de radiateurs :

- Radiateurs horizontaux 22 S
- Radiateurs verticaux 21 V

Avec le tableau récapitulatif ci-dessous, nous pouvons en conclure que tous nos radiateurs sont bien dimensionnés car la puissance totale des radiateurs est supérieure aux déperditions pièce par pièce.

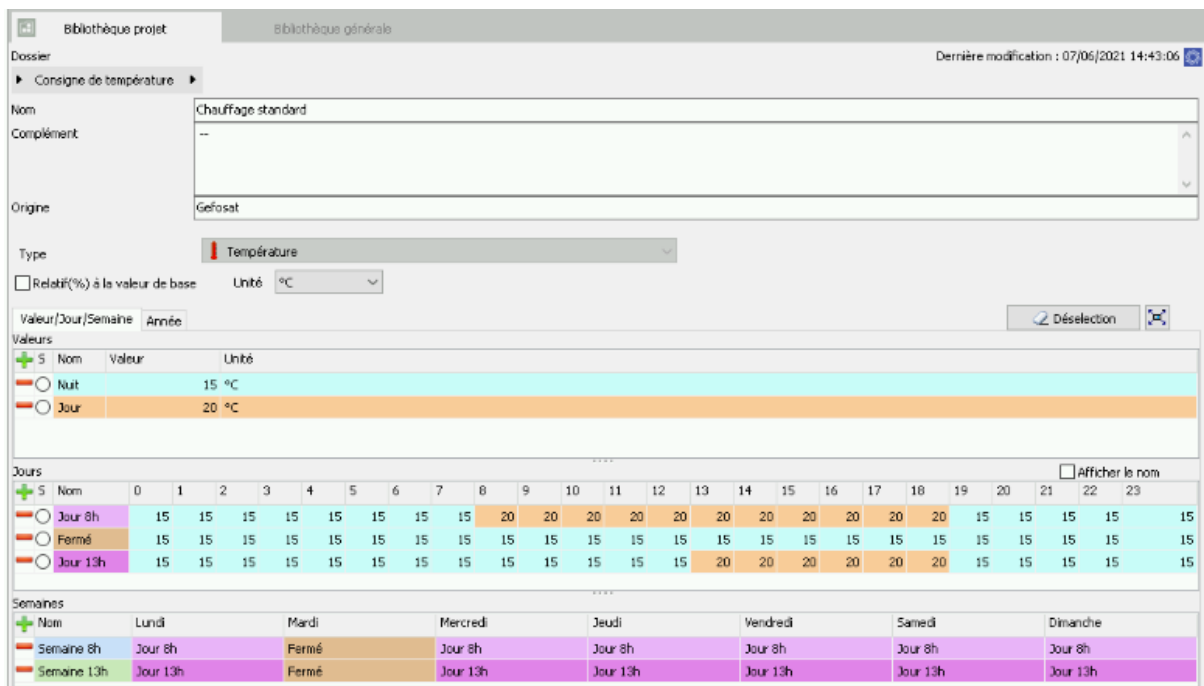
| Dimensionnement radiateur REGGANE 3000 |                  |                     |           |                |          |                           |                             |                      |
|----------------------------------------|------------------|---------------------|-----------|----------------|----------|---------------------------|-----------------------------|----------------------|
| Pièce                                  | Déperditions (W) | Nombre de radiateur | Radiateur | Dimension (cm) | Éléments | Puissance par élément (W) | Puissance par radiateur (W) | Puissance totale (W) |
| Espace de conférence                   | 10 650,70        | 4                   | 21 V      | 210 x 75       | 15       | 178,3                     | 2674,5                      | 10698                |
| Exposition temporaire                  | 13 780,16        | 4                   | 22 S      | 135 x 90       | 27       | 120,4                     | 3250,8                      | 14688,8              |
|                                        |                  | 1                   | 22 S      | 90 x 70        | 14       | 120,4                     | 1685,6                      |                      |
| Office catering                        | 5 223,71         | 1                   | 22 S      | 60 x 225       | 45       | 90                        | 4050                        | 5310                 |
|                                        |                  | 1                   | 22 S      | 60 x 70        | 14       | 90                        | 1260                        |                      |
| Locaux du personnel                    | 7 900,04         | 2                   | 22 S      | 50 x 70        | 14       | 77,9                      | 1090,6                      | 7960,4               |
|                                        |                  | 3                   | 22 S      | 90 x 80        | 16       | 120,4                     | 1926,4                      |                      |
| Espace d'accueil                       | 6 271,25         | 3                   | 22 S      | 90 x 90        | 18       | 120,4                     | 2167,2                      | 6501,6               |
| Atelier                                | 10 654,86        | 1                   | 22 S      | 90 x 225       | 45       | 120,4                     | 5418                        | 10767                |
|                                        |                  | 2                   | 21 V      | 210 x 75       | 15       | 178,3                     | 2674,5                      |                      |
| Stock                                  | 6 756,65         | 1                   | 21 V      | 210 x 75       | 15       | 178,8                     | 2682                        | 7016,4               |
|                                        |                  | 2                   | 22 S      | 90 x 90        | 18       | 120,4                     | 2167,2                      |                      |

### III. STD

Pour le calcul de la STD, nous avons affecté à notre modélisation différents scénarios afin de calculer les différents besoins et les différentes puissances de climatisation et chauffage.

#### A. Chauffage

Dans Pleiades, nous avons défini les pièces chauffées avec un chauffage standard. Pour cela, nous avons choisi une température de base de 20°C lorsque le musée est ouvert et 15°C lorsqu'il est fermé. Avec les horaires d'ouverture du musée ainsi que le calendrier d'ouverture, nous avons affecté les conditions aux différents scénarios.



**Bibliothèque projet** | Bibliothèque générale

Dossier: Dernière modification : 07/06/2021 14:43:06

► Consigne de température ►

Nom: Chauffage standard

Complément: --

Origine: Gefosat

Type: Température

☐ Relatif(%) à la valeur de base | Unité: °C

Valeur/Jour/Semaine | Année

Valeurs:

| S | Nom  | Valeur | Unité |
|---|------|--------|-------|
| + | Nuit | 15     | °C    |
| + | Jour | 20     | °C    |

Jours

| S | Nom      | 0  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
|---|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| + | Jour 8h  | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| + | Fermé    | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| + | Jour 13h | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |

Semaines

| S | Nom         | Lundi    | Mardi | Mercredi | Jeudi    | Vendredi | Samedi   | Dimanche |
|---|-------------|----------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|
| + | Semaine 8h  | Jour 8h  | Fermé | Jour 8h  | Jour 8h  | Jour 8h  | Jour 8h  | Jour 8h  |
| + | Semaine 13h | Jour 13h | Fermé | Jour 13h | Jour 13h | Jour 13h | Jour 13h | Jour 13h |

#### B. Climatisation

De la même manière que pour le chauffage, nous avons affecté le scénario de climatisation dans toutes les pièces du projet avec une température de déclenchement à 24 °C, 7j/7 et 24h/24.

#### C. Puissance dissipée

La puissance dissipée varie en fonction de la nature de la pièce.

- Espace de conférence : Puissance dissipée salle de spectacle avec une puissance de 28 W/m<sup>2</sup>
- Office catering : Puissance dissipée établissement sanitaires de 7 W/m<sup>2</sup>
- Exposition temporaire : Puissance dissipée de 10W/m<sup>2</sup>
- Locaux du personnel : Puissance dissipée établissement sanitaires de 7 W/m<sup>2</sup>
- Espace d'accueil : Puissance dissipée bureaux avec une puissance de 14 W/m<sup>2</sup>

- Atelier : Puissance dissipée enseignement avec une puissance de 7 W/m<sup>2</sup>
- Stockage : Puissance dissipée stockage de 2 W/m<sup>2</sup>

#### D. Occupation

Pour le scénario d'occupation, nous avons fait des hypothèses en fonction de la capacité d'occupation de la pièce :

- Espace de conférence : 80 personnes
- Office catering : 3 personnes
- Exposition temporaire : 10 personnes
- Locaux du personnel : 5 personnes
- Espace d'accueil : 5 personnes
- Atelier : 36 personnes
- Stockage : 2 personnes

Il est important de préciser au plus juste possible le scénario d'occupation avec le nombre d'occupants dans chaque pièce car plus il y a de personnes, plus le besoin de climatisation sera important puisque les occupants dégagent de la chaleur dans la pièce.

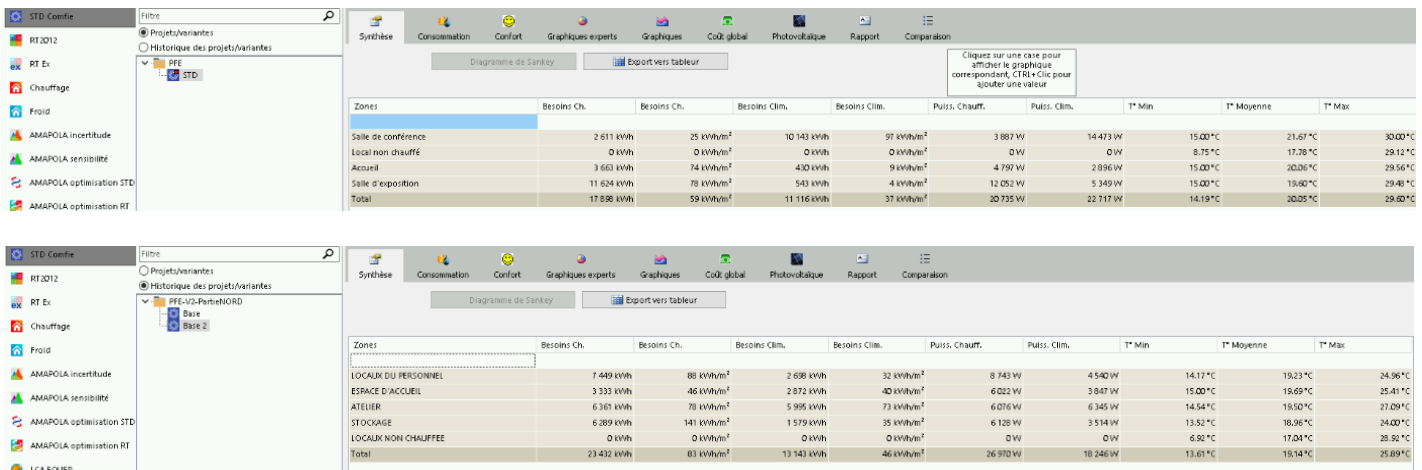
#### E. Usage

L'usage varie en fonction de la nature de la pièce.

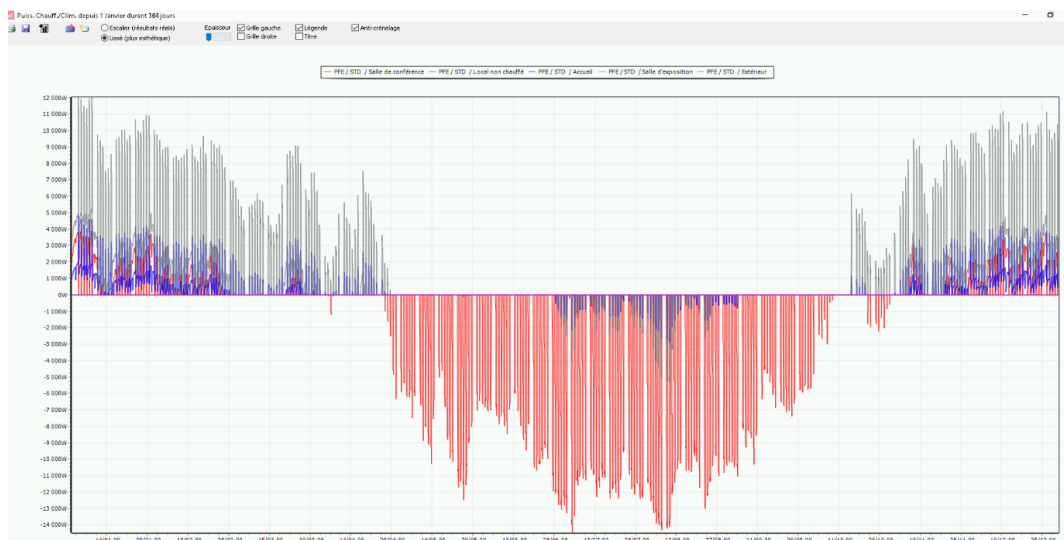
- Espace de conférence : Usage 05-Secondaire jour salle de conférence salle polyvalente éclairement 300 Lux.
- Office catering : Usage 05-Secondaire jour circulation accueil éclairement 100 Lux.
- Exposition temporaire : Usage 05-Secondaire jour centre de documentation éclairement 500 Lux.
- Locaux du personnel : Usage 04-Primaire salle de repos éclairement 300 Lux.
- Espace d'accueil : Usage 05-Secondaire jour circulation accueil éclairement 100Lux.
- Atelier : Usage 04-Primaire salle de classe éclairement 300 Lux.
- Stockage : Usage 05-Secondaire jour bureau standard éclairement

## F. Résultat STD

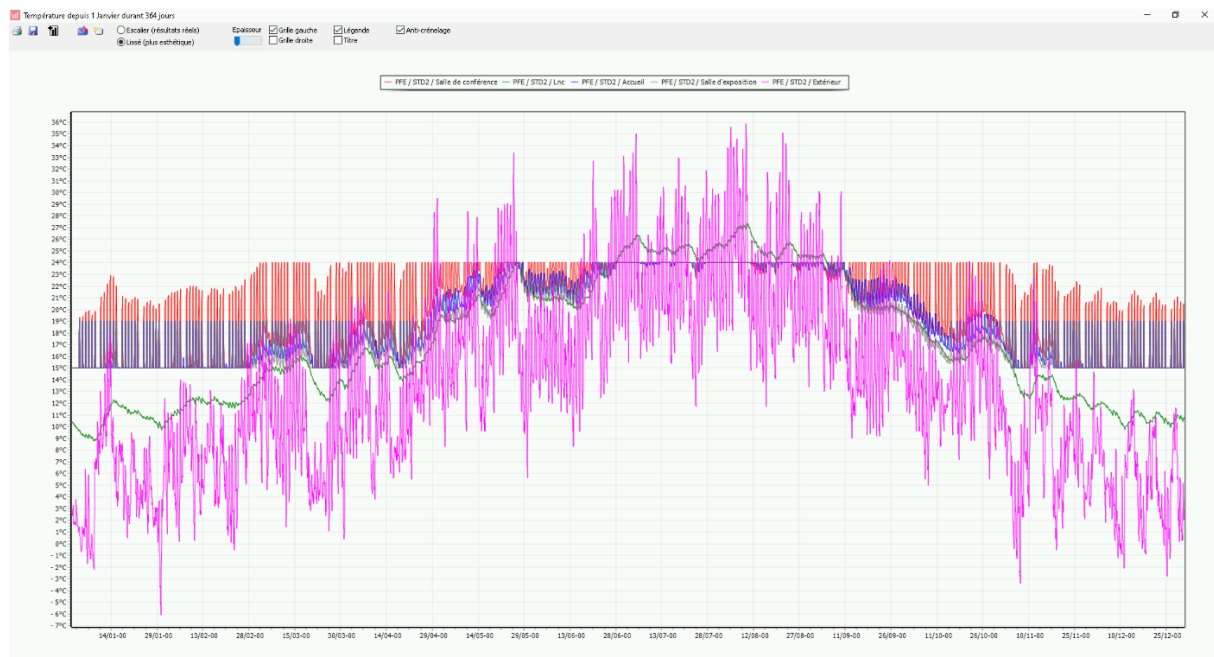
Après avoir affecté les différents scénarios dans les pièces du musée, nous avons lancé le calcul de la simulation thermique dynamique afin d'avoir les résultats des besoins et des puissances de chauffage et de climatisation. Ces résultats nous ont permis de dimensionner les différents éléments de chauffage, de ventilation et de climatisation que l'on abordera dans la prochaine partie.



A travers les deux résultats de STD ci-dessus, nous pouvons en conclure que la puissance de climatisation et de chauffage varient en fonction du nombre de personnes dans la salle. En effet, avec 80 personnes dans la salle de conférence, il y a une faible puissance de chauffage car les occupants dégagent des charges, ce qui explique la puissance de climatisation élevée. A l'inverse, dans la salle d'exposition il y n'a pas beaucoup de personnes et la puissance de chauffage est plus élevée que la puissance de climatisation.



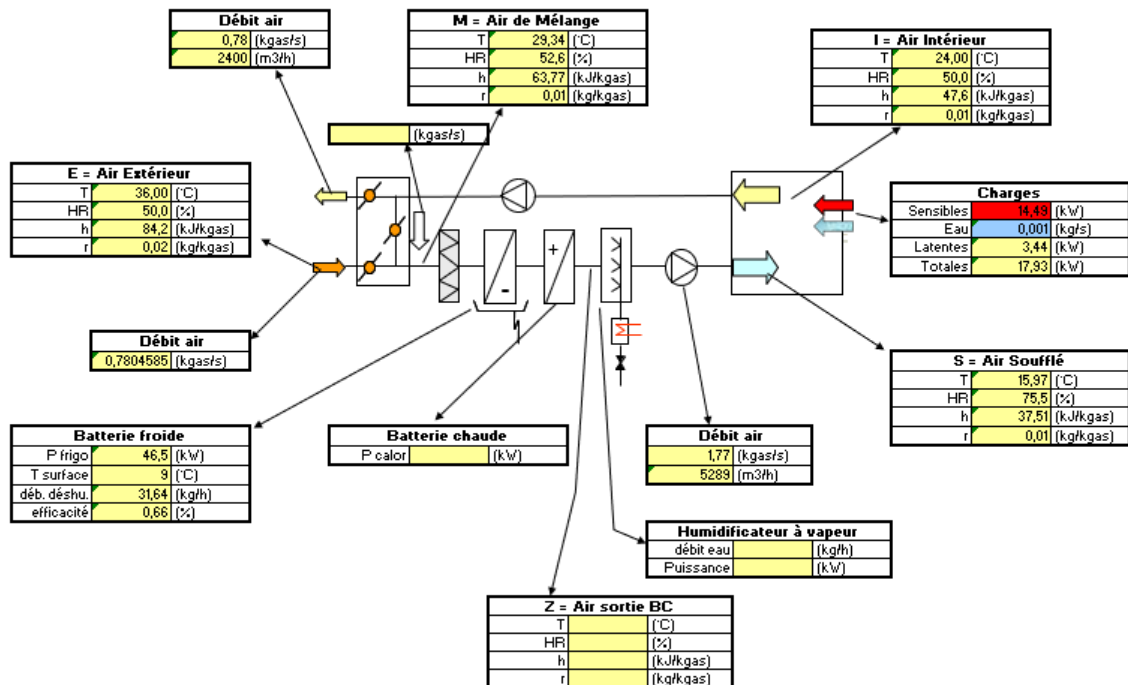
Avec le graphique ci-dessus, nous pouvons voir qu'il y a bien deux périodes de l'année où l'on retrouve le chauffage et la climatisation.



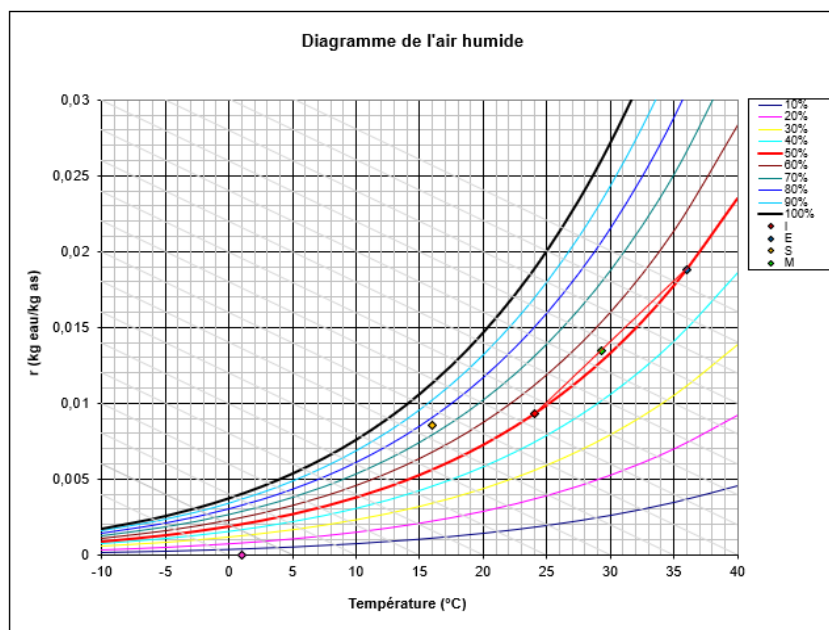
Dans le scénario de climatisation, nous avons affecté le déclenchement de celle-ci sur toute l'année lorsque la température intérieure dépasse les 24°C. Avec le graphique ci-dessus, nous pouvons en conclure que le logiciel Pleiades a bien pris en compte cette conditions dans toutes les pièces du projet.



## IV. Dimensionnement des CTA

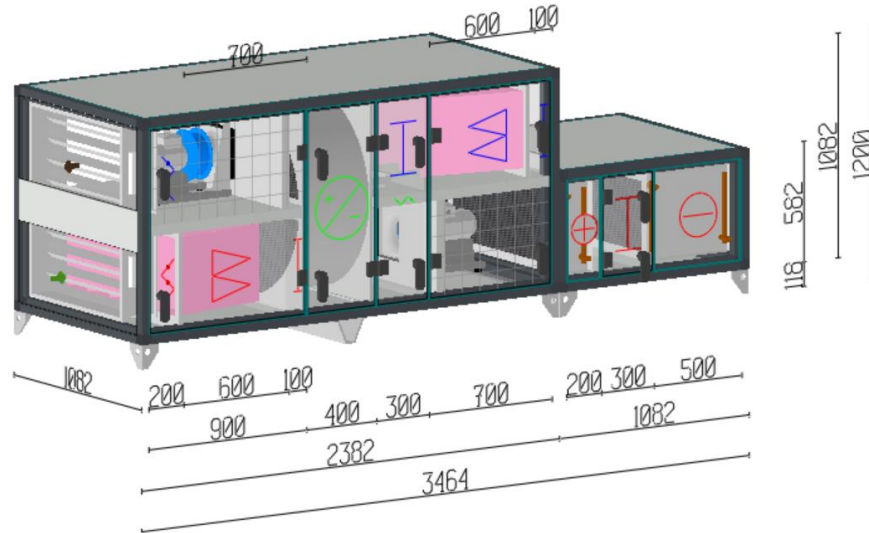


Avec les résultats de la simulation thermique dynamique, nous avons dimensionné les centrales de traitement d'air pour l'atelier et la salle de conférence. Le programme Excel que nous avons utilisé en PCE8 nous a permis de calculer le débit d'air nécessaire afin de répondre aux différentes charges sensibles et latentes de la pièce. En respectant une différence de température de 8°C entre l'air intérieur et l'air soufflé, nous avons déterminé le débit d'air nécessaire de la CTA. Pour la ventilation, nous avons fait l'hypothèse qu'il fallait 30 m3/h par personnes.

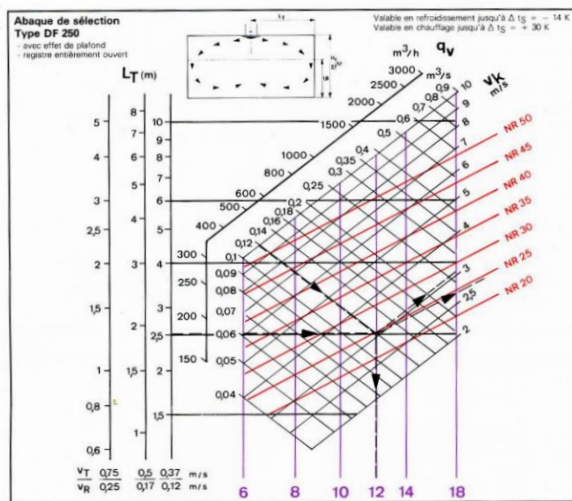


Pour la salle de conférence, la CTA doit pouvoir assurer un débit d'air de 5289m<sup>3</sup>/h tandis que pour l'atelier, la CTA doit pouvoir assurer un débit d'air de 2360m<sup>3</sup>/h.

A l'aide du logiciel Systemair, nous avons dimensionné de la salle de conférence et déterminé les dimensions. Nous voyons que la CTA possède un échangeur de chaleur rotatif, une unité de mélange et une batterie chaude et froide.



Nous avons dimensionné les bouches d'extraction de la salle de conférence et de l'atelier en fonction du débit d'air nécessaire à la climatisation de la salle en été. Comme nous l'avons vu précédemment, le débit d'air nécessaire pour la salle de conférence est de 5320m<sup>3</sup>/h. Nous avons donc prévu 8 bouches couvrant chacune un rayon de deux mètres. En effet, la pièce a une dimension de 8 mètres par 16 mètres.



Avec ces deux caractéristiques, nous pouvons ensuite déterminer le diamètre du tube en acier galvanisé.

On a donc :  $5320 / 8 = 665\text{m}^3/\text{h}$

Par lecture graphique, nous constatons que le diamètre des bouches sera de 16cm.

| Valeurs $A_k$ et $A_n$ (m <sup>2</sup> ) |       |       |       |       |       |       |
|------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Grandeur                                 | 6     | 8     | 10    | 12    | 14    | 18    |
| $A_k$ (m <sup>2</sup> )                  | 0,010 | 0,017 | 0,027 | 0,039 | 0,053 | 0,088 |
| $A_n$ (m <sup>2</sup> )                  | 0,023 | 0,041 | 0,065 | 0,093 | 0,126 | 0,209 |

De la même manière, nous avons dimensionné les bouches d'extraction pour l'atelier. Celle-ci possède un débit d'air de 2360m<sup>3</sup>/h. Les dimensions des bouches seront donc de 10cm de diamètre.

## V. Dimensionnement des cassettes

Nous avons dimensionné les cassettes de la même manière que les CTA. Nous nous sommes donc basés sur le débit d'air nécessaire et des charges dégagées dans la pièce. Nous avons donc dimensionné avec le logiciel Excel. De la même manière que pour les CTA, nous obtenons un débit minimal.

Nous opterons pour une cassette à 2 tubes puisqu'il n'est pas nécessaire que nous ayons à la fois une production de chauffage et de climatisation.

| SysQuare EC                      |                       | 20              | 30              | 40              | 50              | 60              | 70              |
|----------------------------------|-----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                  |                       | V2 / V3 / V4 ** | V2 / V3 / V4 ** | V2 / V3 / V4 ** | V2 / V3 / V4 ** | V2 / V3 / V4 ** | V2 / V3 / V4 ** |
| <b>Capacités - 2 Tubes</b>       |                       |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| Froid (°)                        | Puissance totale      | kW              | 1,55/1,78/2,38  | 1,89/2,88/3,99  | 2,80/3,50/4,69  | 3,36/4,44/6,09  | 3,71/5,48/7,22  |
|                                  | Puissance sensible    | kW              | 1,29/1,49/1,98  | 1,42/2,18/3,04  | 2,13/2,67/3,61  | 2,60/3,46/4,72  | 2,68/4,07/5,44  |
|                                  | Débit d'eau           | l/h             | 267/306/409     | 325/497/688     | 481/604/808     | 579/765/1050    | 640/944/1243    |
|                                  | Pdc sur l'eau         | kPa             | 5,6/6,9/11,2    | 4,4/8,6/14,6    | 7,9/11,4/18,6   | 8,4/13,7/22,2   | 4,3/7,6/11,7    |
|                                  | Puissance calorifique | kW              | 1,92/2,17/2,74  | 1,94/3,15/3,68  | 3,16/3,90/5,28  | 3,80/5,08/6,84  | 3,85/6,26/8,51  |
| Chaud (°)                        | Débit d'eau           | l/h             | 331/374/472     | 334/543/634     | 544/679/909     | 655/875/1178    | 663/1078/1466   |
|                                  | Pdc sur l'eau         | kPa             | 6,4/7,7/10,9    | 4,5/9,3/11,8    | 7,8/10,8/17,4   | 8,6/13,5/21,8   | 4,3/8,9/14,4    |
| <b>Capacités - 4 Tubes</b>       |                       |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| Froid (°)                        | Puissance totale      | kW              | 1,36/1,52/2,00  | 2,00/2,70/3,37  | 2,57/3,23/4,01  | -               | 2,99/4,98/6,64  |
|                                  | Puissance sensible    | kW              | 1,19/1,39/1,86  | 1,50/2,04/2,64  | 2,06/2,59/3,29  | -               | 2,33/3,82/5,12  |
|                                  | Débit d'eau           | l/h             | 234/262/344     | 344/464/581     | 442/556/690     | -               | 516/858/1144    |
|                                  | Pdc sur l'eau         | kPa             | 7,6/9,1/14      | 5,2/8,2/11,7    | 7,6/10,9/15,5   | -               | 6,5/14,1/22,4   |
|                                  | Puissance calorifique | kW              | 1,09/1,27/1,67  | 3,10/4,40/5,46  | 4,32/5,00/5,80  | -               | 5,28/7,79/10,00 |
| Chaud (°)                        | Débit d'eau           | l/h             | 94/109/144      | 267/379/470     | 372/431/500     | -               | 455/671/845     |
|                                  | Pdc sur l'eau         | kPa             | 15/19/30,2      | 8,1/14/19,9     | 13,9/17,6/22,5  | -               | 4,7/8,2/12,1    |
| <b>Niveaux sonores - 2 Tubes</b> |                       |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| Puissance sonore                 | dB(A)                 |                 | 36/40/49        | 35/47/53        | 42/48/57        | 35/40/49        | 38/44/54        |
| Pression sonore (K)              | dB(A)                 |                 | 27/31/40        | 26/35/44        | 33/39/48        | 26/31/40        | 29/37/45        |
| NR (K)                           | dB(A)                 |                 | 23/27/35        | 20/30/39        | 28/34/43        | 21/26/35        | 22/32/40        |
| <b>Niveaux sonores - 4 Tubes</b> |                       |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| Puissance sonore                 | dB(A)                 |                 | 36/40/49        | 35/44/53        | 42/48/57        | -               | 38/44/54        |
| Pression sonore (K)              | dB(A)                 |                 | 27/31/40        | 26/35/44        | 33/39/48        | -               | 29/37/45        |
| NR (K)                           | dB(A)                 |                 | 23/27/35        | 20/30/39        | 28/34/43        | -               | 22/32/40        |
| <b>Ventilateur</b>               |                       |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| Nombre                           |                       |                 |                 |                 | 1               |                 |                 |
| Débit d'air                      | m³/h                  |                 | 360/450/659     | 320/504/734     | 486/626/900     | 529/720/979     | 500/824/1159    |
| Filtre                           |                       |                 |                 |                 | G1              |                 | 601/1080/1598   |

Comme on peut le voir sur la fiche technique, les débits d'air varient en fonction du modèle. Nous avons donc sélectionné les modèles par pièce et les avons répertoriés dans le tableau suivant.

| Salles             | Débit nécessaire<br>m3/h | Model choisi<br>Marque | Débit réel<br>m3/h |
|--------------------|--------------------------|------------------------|--------------------|
| Office Catering    | 1100                     | SQ60                   | 1159               |
| Local de personnel | 1700                     | SQ30 x 2               | 1468               |
| Espace d'accueil   | 1400                     | SQ70                   | 1598               |
| Stockage           | 1300                     | SQ70                   | 1598               |

Toutes les cassettes seront reliées à des batteries chaudes et froides alimentées par les chaudières et le groupe froid. L'extraction se fera en façade.

## VI. Dimensionnement de l'armoire de climatisation

La salle Cabanis est plus compliquée à traiter que les autres salles du projet car elle ne possède pas de faux plafond ce qui nous empêche d'y placer des cassettes ou même des bouches d'extractions. D'autres parts, étant une salle d'exposition, nous devons contrôler l'hygrométrie afin de conserver les œuvres convenablement.

Nous sommes donc partis sur une armoire de climatisation qui permet à la fois de climatiser, de ventiler et de contrôler l'hygrométrie. Le chauffage sera assuré par les cinq radiateurs.

Nous nous sommes basés sur les puissances de climatisation pour dimensionner l'armoire. Nous sommes partis sur une armoire de la marque EMICON.

| Armoire de précision<br>modèle | Puissance froid<br>(kW) | Dimensions<br>(larg. x prof. x haut)<br>(mm) |      | Données<br>techniques | Options et<br>données<br>électriques | Surface à<br>respecter |
|--------------------------------|-------------------------|----------------------------------------------|------|-----------------------|--------------------------------------|------------------------|
|                                |                         |                                              |      |                       |                                      |                        |
| ED.H 71/81/101                 | 6,3 → 8,8               | 550                                          | 550  | Page 14               | Page 15                              | Page 25                |
| ED.H 131/161                   | 11,4 → 14,9             | 750                                          |      |                       |                                      |                        |
| ED.H 211/231/261/271           | 19,6 → 23,4             | 980                                          |      |                       |                                      |                        |
| ED.H 281/282/331/332           | 25,2 → 38,1             | 1160                                         | 1980 | Page 16               | Page 17                              |                        |
| ED.H 371/372/421/422           |                         |                                              |      |                       |                                      |                        |
| ED.H 461/462/501/502           | 40,8 → 57,8             | 1860                                         |      | Page 18               | Page 19                              |                        |
| ED.H 551/552/591/592/642       |                         |                                              |      |                       |                                      |                        |
| ED.H 771/772/852               | 68,3 → 75,8             | 2210                                         |      | Page 20               | Page 21                              |                        |
| ED.H 921/922/991               | 82,7 → 86,5             | 2565                                         |      |                       |                                      |                        |
| ED.H 992/1022                  | 88,5 → 91,8             | 3100                                         |      | Page 22               | Page 23                              |                        |
| ED.H 1112/1122/1442/1462       | 98,4 → 130,7            |                                              |      |                       |                                      |                        |

| EDH xxx avec condenseur à eau                 |                                            |                             | 71   | 81   | 101  | 131  | 161  | 211  | 231  | 261  | 271  |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Une source de refroidissement                 | Puissance froid totale (1)                 | kW                          | 6,3  | 7,7  | 8,8  | 11,4 | 14,9 | 19,6 | 21,0 | 23,1 | 23,4 |
|                                               | Puissance froid sensible (1)               | kW                          | 5,9  | 7,4  | 8,6  | 11,3 | 14,2 | 18,6 | 20,9 | 21,7 | 21,9 |
| Deux sources de refroidissement               | Puissance froid totale (2)                 | kW                          | --   | --   | --   | --   | --   | 18,1 | --   | --   | --   |
|                                               | Puissance froid sensible (2)               | kW                          | --   | --   | --   | --   | --   | 18,1 | --   | --   | --   |
| Débit d'eau                                   | Débit d'eau                                | m <sup>3</sup> /h           | --   | --   | --   | --   | --   | 3,4  | --   | --   | --   |
|                                               | Perte de charge (batterie + vanne 3 voies) | kPa                         | --   | --   | --   | --   | --   | 44,0 | --   | --   | --   |
| Débit d'air @ 20Pa de pression disponible     |                                            |                             | 2330 | 2330 | 2330 | 3500 | 3500 | 5610 | 5610 | 5610 | 5610 |
| Compresseur(s)                                | Puissance absorbée                         | kW                          | 1,9  | 2,3  | 2,6  | 3,3  | 4,3  | 5,4  | 5,4  | 6,6  | 6,1  |
|                                               | Intensité absorbée                         | A                           | 3,5  | 4,5  | 4,9  | 5,1  | 7,2  | 11,1 | 10,9 | 10,2 | 12,7 |
| Condenseur à eau                              | Nbre de compresseurs et d'étages froid     |                             | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 2    | 1    |
|                                               | Quantité                                   |                             | 1,0  | 1,0  | 1,0  | 1,0  | 1,0  | 1,0  | 1,0  | 1,0  | 1,0  |
|                                               | Débit d'eau                                | m <sup>3</sup> /h           | 1,5  | 1,9  | 2,1  | 2,8  | 3,6  | 4,7  | 4,9  | 5,6  | 5,5  |
|                                               | Perte de charge                            | kPa                         | 28,4 | 41,1 | 51,4 | 44,8 | 38,0 | 61,4 | 44,9 | 54,4 | 55,0 |
|                                               | Puissance thermique                        | kW                          | 8,2  | 10,0 | 11,4 | 14,7 | 19,2 | 25,0 | 26,4 | 29,7 | 29,5 |
| Charge usine de réfrigérant R410A par circuit |                                            |                             | kg   | 3,2  | 3,3  | 3,6  | 3,6  | 4    | 3,9  | 4,4  | 4,6  |
| Ventilateurs AC                               | Config. D                                  | PSE max. disponible         | Pa   | 70   | 50   | 20   | 70   | 30   | 120  | 80   | 80   |
|                                               |                                            | Niveau sonore (3)           | dBA  | 48   | 48   | 49   | 52   | 53   | 55   | 56   | 56   |
|                                               |                                            | Puissance absorbée          | kW   | 0,4  | 0,4  | 0,5  | 0,7  | 0,8  | 1,1  | 1,2  | 1,2  |
|                                               |                                            | Intensité absorbée          | A    | 0,8  | 0,9  | 1,1  | 1,3  | 1,5  | 2,0  | 2,3  | 2,3  |
|                                               | Config. U/B/V                              | PSE max. disponible         | Pa   | 100  | 80   | 50   | 100  | 60   | 140  | 90   | 90   |
|                                               |                                            | Niveau sonore Config. U (3) | dBA  | 52   | 52   | 52   | 55   | 55   | 59   | 59   | 59   |
|                                               |                                            | Niveau sonore Config. B (3) | dBA  | 49   | 48   | 48   | 51   | 52   | 55   | 56   | 56   |
|                                               |                                            | Niveau sonore Config. V (3) | dBA  | 48   | 47   | 47   | 50   | 51   | 54   | 55   | 55   |
|                                               |                                            | Puissance absorbée          | kW   | 0,4  | 0,4  | 0,4  | 0,7  | 0,7  | 1,0  | 1,1  | 1,1  |
|                                               |                                            | Intensité absorbée          | A    | 0,7  | 0,7  | 0,9  | 1,2  | 1,3  | 1,9  | 2,2  | 2,2  |
|                                               |                                            |                             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                                               |                                            |                             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                                               |                                            |                             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                                               |                                            |                             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                                               |                                            |                             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

Nous optons pour le modèle ED.H 71 car elle possède une puissance froide de 6,3 kW et que la puissance nécessaire est de 5,3 kW. Sa dimension est de 55cm x 55cm x 198cm.

La batterie froide sera reliée au groupe froid.

La prise d'air se fera dans la fenêtre présente dans le local technique et l'extraction se fera façade de l'autre côté de la pièce.

## VII. Dimensionnement canalisation

Pour la distribution de chauffage, nous avons dimensionné les canalisations en fonction des déperditions de chaque pièce.

| Pièce                 | Déperditions (W) | P installé | Débit Masse | qv    | j (Pa/m) | Diamètre |
|-----------------------|------------------|------------|-------------|-------|----------|----------|
| Espace de conférence  | 10 651           | 10 698     | 0,128       | 460   | 130      | 22x20    |
| Exposition temporaire | 13 780           | 14 689     | 0,175       | 632   | 130      | 22x20    |
| Office catering       | 5 224            | 5 310      | 0,063       | 228   | 130      | 18x16    |
| Locaux du personnel   | 7 900            | 7 960      | 0,095       | 342   | 130      | 22x20    |
| Espace d'accueil      | 6 271            | 6 502      | 0,078       | 280   | 130      | 18x16    |
| Atelier               | 10 655           | 10 767     | 0,129       | 463   | 130      | 22x20    |
| Stock                 | 6 757            | 7 016      | 0,084       | 302   | 130      | 18x16    |
| Partie Sud            | 29 655           | 32 245     | 0,385       | 1 387 | 130      | 35x32    |
| Partie Nord           | 31 583           | 27 959     | 0,334       | 1 203 | 130      | 35x32    |
| Radiateurs            | 3 251            | 3 251      | 0,039       | 140   | 130      | 14x12    |
| Radiateur             | 1 686            | 1 686      | 0,020       | 72    | 130      | 12x10    |

## Conclusion

A l'issue de nos quatre semaines de projet de fin d'études, nous établissons un bilan positif du travail effectué sur le projet de la rénovation du musée Labenche à Brive-la-Gaillarde. Nous avons pu appliquer le savoir-faire de nos deux années d'apprentissage à l'IUT et répondre au besoin du client.

En effet, de nombreux cours de l'IUT nous ont permis de mener à bien ce projet notamment les cours de PCE1, de PCE6 et de PCE8. Grâce à cet enseignement, nous avons pu travailler avec le logiciel Pleiades pour calculer les déperditions et les apports des différentes pièce du musée.

A travers ce projet, nous nous sommes rendu compte qu'il était compliqué d'effectuer de la rénovation dans un bâtiment en présence de pièces classées. Nous avons rencontré plusieurs difficultés pour la salle d'exposition temporaire Cabanis. En effet, on n'avait pas le droit de modifier la structuration du bâtiment. Dans la salle d'exposition temporaire Cabanis, nous avons dû trouver une solution afin de contrôler l'hygrométrie de la salle pour conserver les œuvres.

Ce projet de fin d'études nous a permis de travailler en autonomie sur un projet complet avec différentes thématiques. Nous avons réussi à nous répartir les tâches convenablement en réalisant un planning afin de ne nous organiser. Ce projet nous a aussi permis d'approfondir nos connaissances dans le domaine de l'énergétique.

## Webographie

<https://www.aldes.fr/>

<https://www.systemair.com/fr/>

<http://www.ciat.fr/>

<https://www.baudiment-technology.fr/armoires-de-climatisation-precision/>

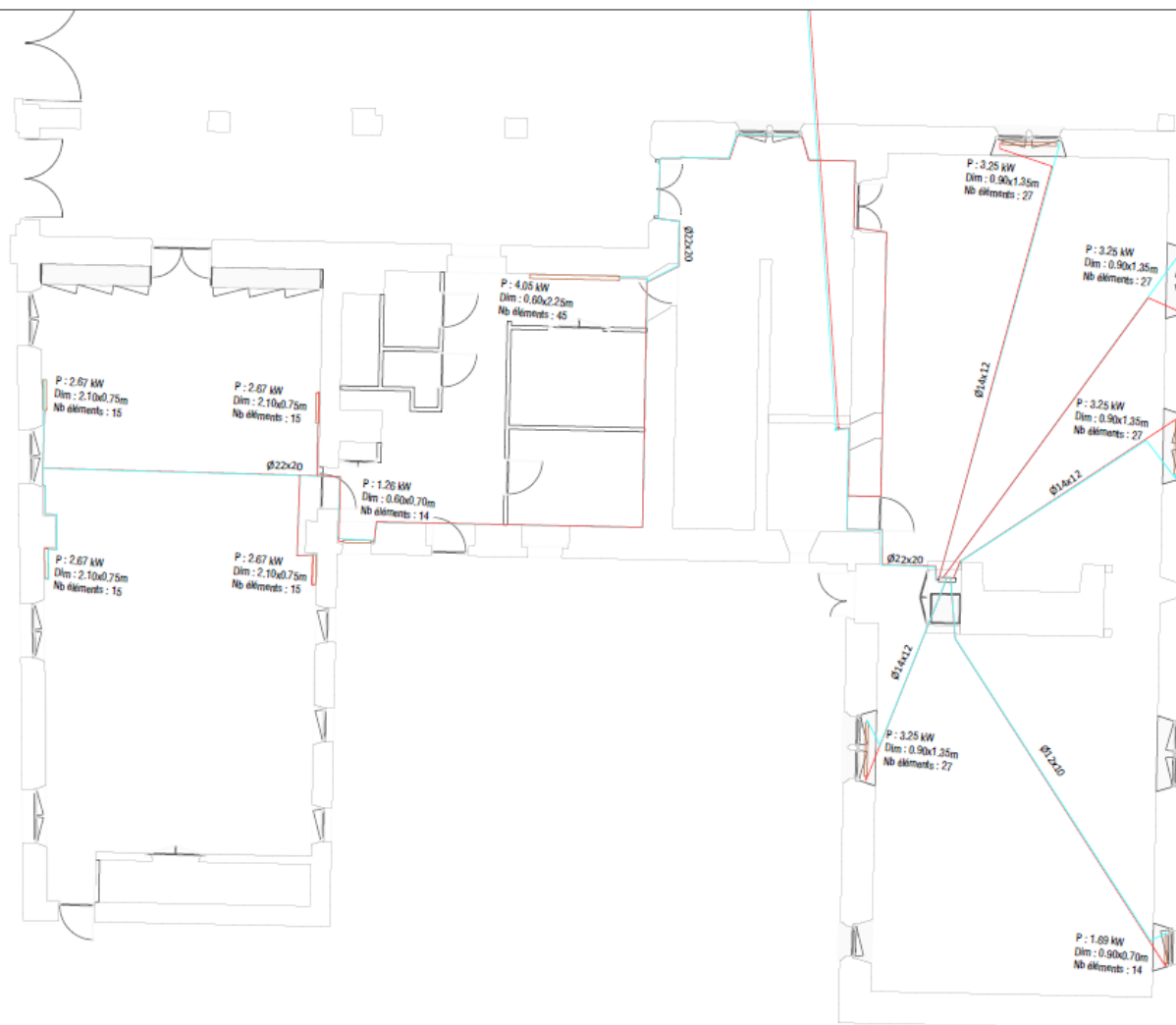
<https://fr.mitsubishielectric.com/fr/products-solutions/air-conditioning/index.html>

<https://www.flex-tools.com/fr-fr/>



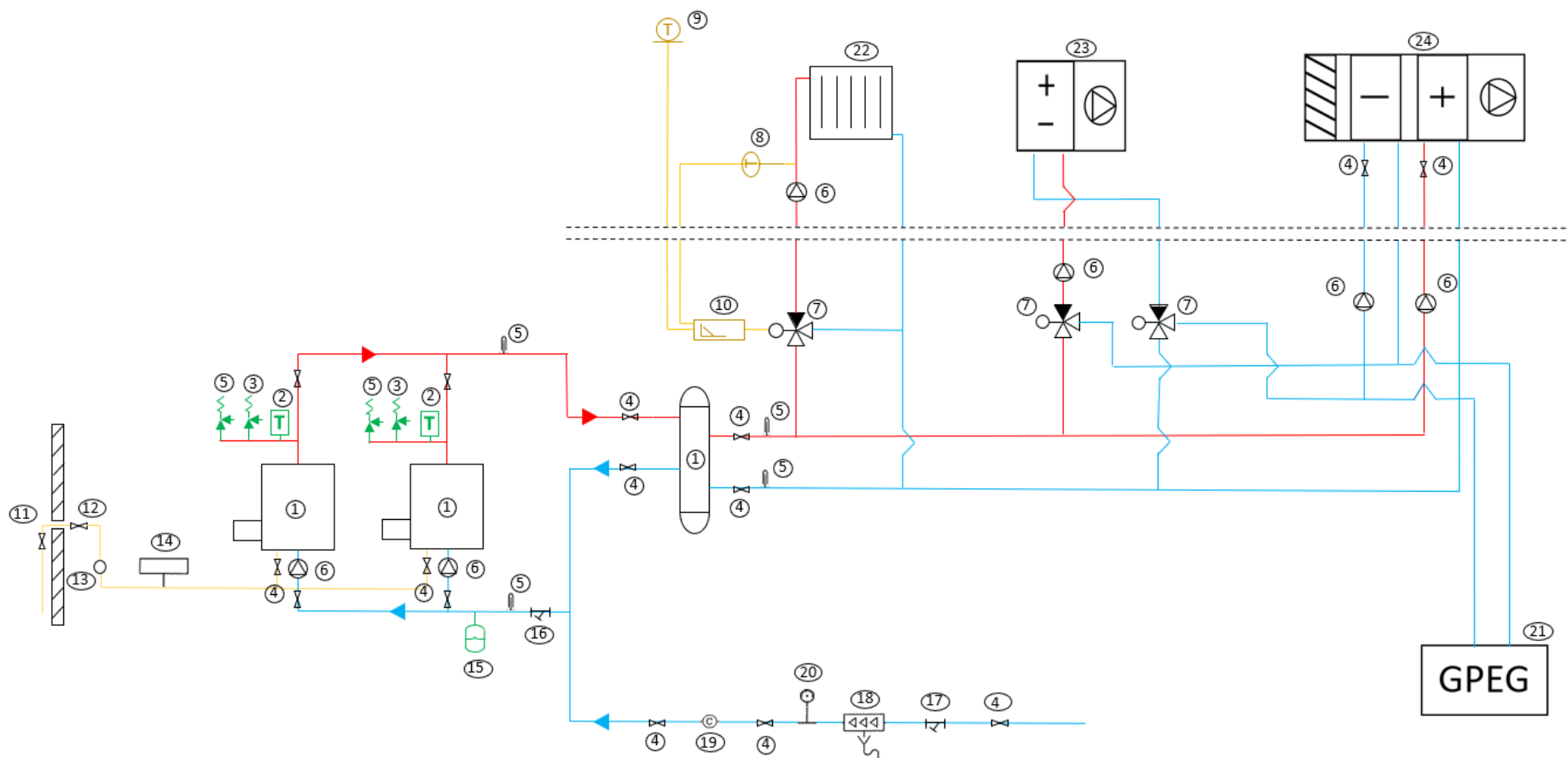
RDC







- 1- Chaudières gaz à condensation en cascade de marque GUILLOT type optimagaz Puissance totale 115 et 173 kW
- 2- Thermostat de sécurité (aquastat)
- 3- Soupape de sécurité
- 4- Vanne d'isolement
- 5- Thermomètre à plongeur
- 6- Circulateur
- 7- Vanne trois voies de régulation progressive motorisée
- 8- Sonde de température intérieur
- 9- Sonde de température extérieur
- 10- Régulateur pour boucle ouverte
- 11- Vanne de coupure gaz extérieur
- 12- Vanne de coupure gaz générale
- 13- Détendeur
- 14- Nourrice
- 15- Vase d'expansion
- 16- Filtre à tamis
- 17- Filtre clarificateur
- 18- Disconnecteur hydraulique à zone de pression contrôlable
- 19- Compteur d'eau volumétrique
- 20- Manomètre de contrôle |
- 21- Groupe de production d'eau glacée
- 22- Radiateur
- 23- Cassette
- 24- Centrale de traitement d'air



## PLAN D'EXECUTION CHAUFFAGE

