

SESSION 2010

**AGREGATION  
CONCOURS EXTERNE**

**Section : GÉNIE CIVIL  
Option B : ÉQUIPEMENTS ET ÉNERGIES**

**ÉPREUVE PORTANT SUR L'INGÉNIERIE DE PROJET**

Durée : 8 heures

*Matériel usuel de dessin à l'encre autorisé.*

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

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

**Chaque partie devra obligatoirement être traitée sur une copie distincte.**

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

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

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

**Tournez la page S.V.P.**

## **RECOMMANDATIONS**

- Chaque partie devra obligatoirement être traitée sur une copie distincte.
- Tous les calculs seront faits à partir de formules littérales écrites, en remplaçant les paramètres par les nombres permettant de trouver le résultat exprimé. Donner quand cela est possible les résultats sous forme de tableaux.
- L'évaluation des schémas, dessins ou plans portera non seulement sur l'exactitude des tracés, la cohérence technique mais aussi sur la qualité graphique et la propreté.
- Toutes les données manquantes sont laissées à votre libre choix et toutes les hypothèses seront soigneusement justifiées.

## **LISTE DES DOCUMENTS COMPOSANT LE DOSSIER**

### **Dossier sujet** (9 pages)

- Présentation générale (2 pages)
- Plan du Rdc Auditorium et bâtiment B (1 page A3)
- Plan de ventilation RDC du Bâtiment B (1 page A4)
- Plan de ventilation du 1<sup>er</sup> étage du Bâtiment B (1 page A4)
- Plan de ventilation du 2<sup>ème</sup> étage du Bâtiment B (1 page A4)
- Coupe verticale du Bâtiment B (1 page A4)
- Parties 1 à 4 (2 pages)

### **Dossier annexes** (34 pages)

- N°1 Extrait du CCTP (6 pages)
- N°2 Thermofrigopompe (4 pages)
- N°3 Caractéristiques thermodynamiques du R134a (2 pages)
- N°4 Equipements hydrauliques (1 page)
- N°5 Abaques des pertes de charge linéiques (1 page)
- N°6 Pompes immergées (3 pages)
- N°7 CTA Hydronic (3 pages)
- N°8 Système de GTB (3 pages)
- N°9 Formulaire et tableaux de calcul des charges thermiques et hydriques (1 page)
- N°10 Extrait de la réglementation (4 pages)
- N°11 Acoustique (6 pages)

### **Documents réponses** (10 pages)

- N° 1 Schéma de principe du local Production Thermique 1 A3
- N° 2 Schéma de principe de la climatisation Auditorium 1 A3
- N° 3 Echangeurs de chaleur condenseur et évaporateur 2 A4
- N° 4 Nomenclature des équipements de la GTB 3 A4
- N° 5 Etude acoustique 1 A4
- 2 Diagrammes de l'Air Humide 2 A3

## Présentation générale

## CONSTRUCTION DE L'ÉCOLE NATIONALE DE MUSIQUE ET DE DANSE



Ce projet concerne la réalisation d'un nouveau bâtiment pour l'**école nationale de musique et de danse de Bourges**. La ville de Bourges a souhaité adopter une **Haute Qualité Environnementale** pour la réalisation de ce nouvel équipement. Le projet est prévu en deux tranches :

- ✓ Tranche 1 : l'auditorium de 500 places, les salles d'enseignement associées et le hall d'accueil.
- ✓ Tranche 2 : l'école de musique et de danse avec ;
  - le bâtiment B, comprenant l'administration de l'école et des salles de formation musicale,
  - le bâtiment C, comprenant les salles d'enseignement instrumental, chant, cordes, claviers et la bibliothèque,
  - le bâtiment D, comprenant des salles d'enseignement instrumental et le secteur chorégraphique.

Le Conservatoire de Musique et de Danse a la double vocation de former à la qualité d'une part, de préparer l'accès aux concours de haut niveau pour les élèves aptes à devenir des professionnels de la musique et de la danse, d'autre part. Le Conservatoire compte près de 1000 élèves.

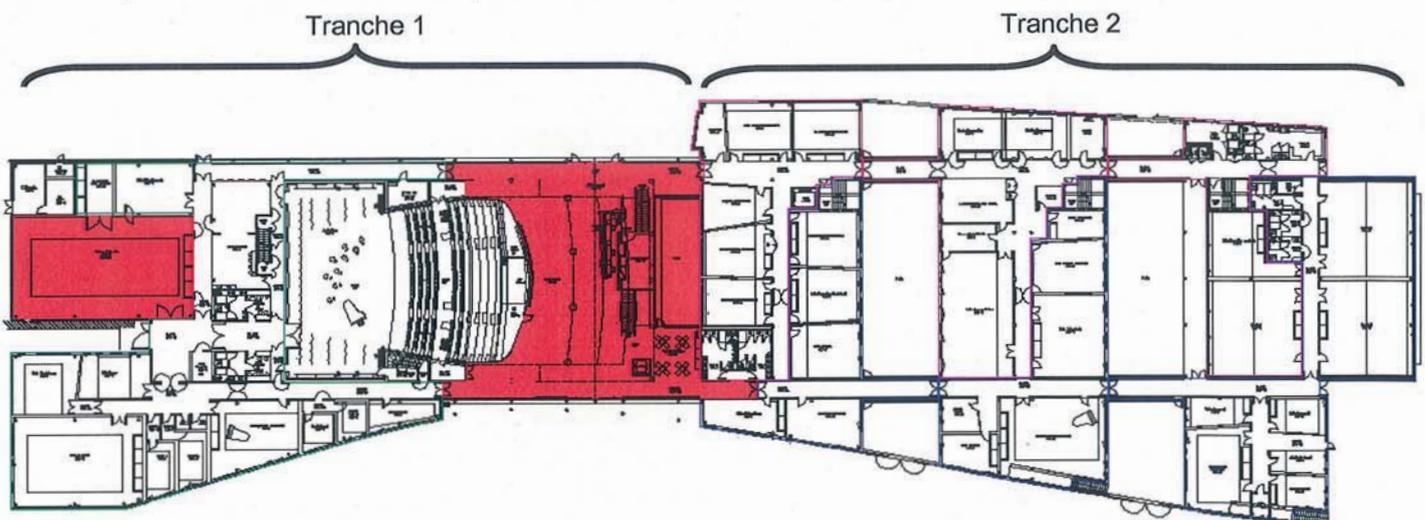


Figure 1 : Plan du RDC avec les zones en chauffage seul (en rouge)

Le conservatoire de musique et de danse et l'auditorium s'étend sur 7 086 m<sup>2</sup>.



Figure 2 : Maquette numérique 3D du projet

Le hall abrite l'accueil placé au cœur du bâtiment. Les élèves sont orientés vers l'école et le public vers les entrées de l'auditorium. L'école de musique comprend les départements d'enseignement culture musicale, clavier, chant, musique traditionnelle, chorégraphie, instruments électroacoustiques.

L'auditorium d'une surface de 1250 m<sup>2</sup>, comprend une salle de spectacle et une scène de 260 m<sup>2</sup>. Derrière, sont situés le foyer des artistes et deux vestiaires. Un plateau orchestre de 240 m<sup>2</sup> est équipé en éclairage et en audiovisuel. A l'étage, sont situés les locaux techniques son, régie technique et éclairage, auxquels viennent s'ajouter deux galeries techniques.

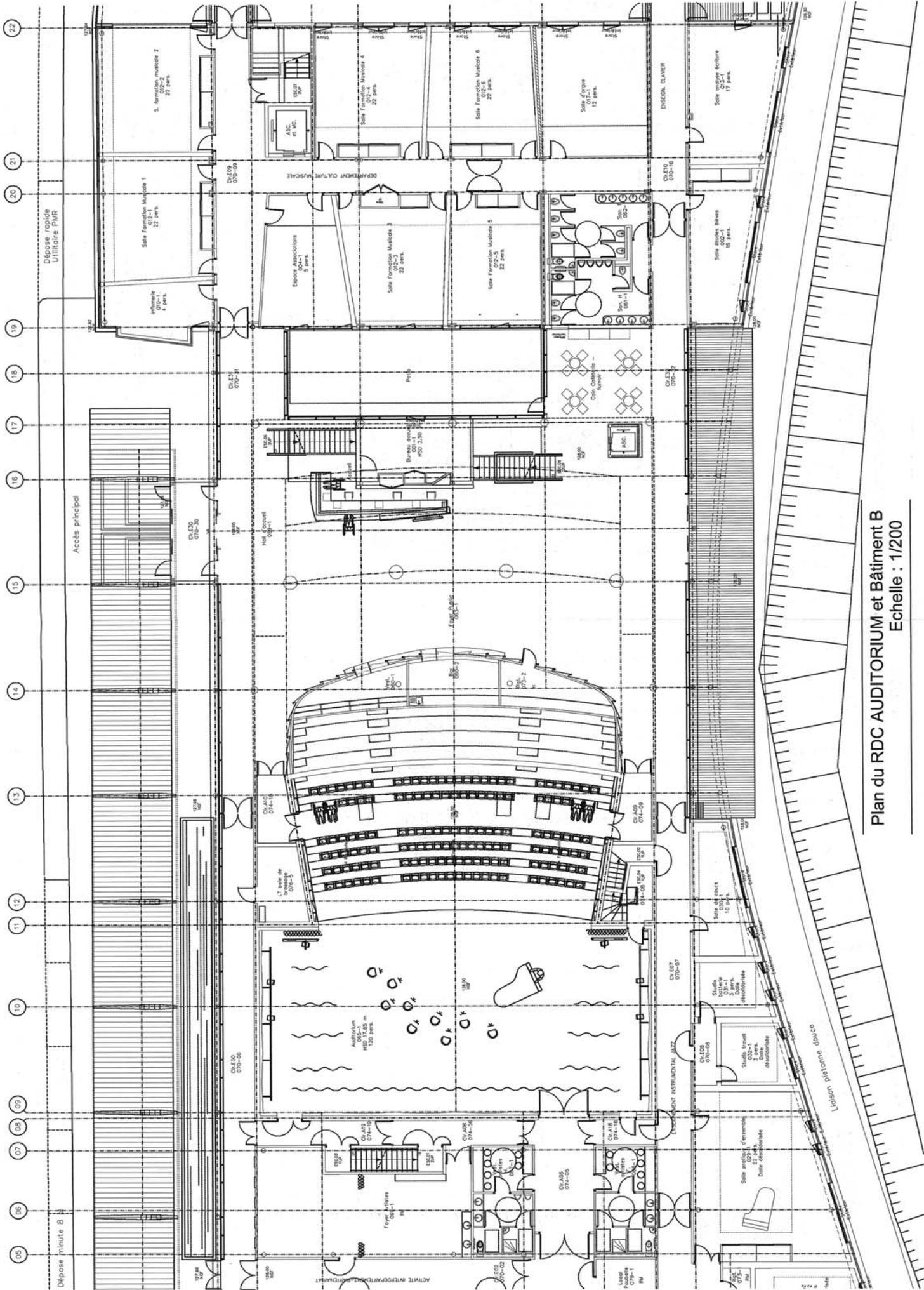
L'école de musique abrite également une grande quantité d'instruments de musique (pianos à queue ou demi queue, harpes de concert, orques, clavecins ...). Ces instruments, à base de bois, sont extrêmement sensibles à l'humidité ambiante. Pour cette raison, le taux d'humidité de l'air du conservatoire est régulé.



Figure 3 : Plan du bâtiment avec les zones chauffées et rafraichies (en clair zone avec contrôle d'humidité)

#### **Dossier Plans :**

- Plan du RDC Auditorium et bâtiment B
- Plan ventilation - RDC bâtiment B
- Plan ventilation 1<sup>er</sup> étage bâtiment B
- Plan ventilation 2<sup>ème</sup> étage bâtiment B – Local technique N°3
- Coupe verticale bâtiment B – Local technique N°3



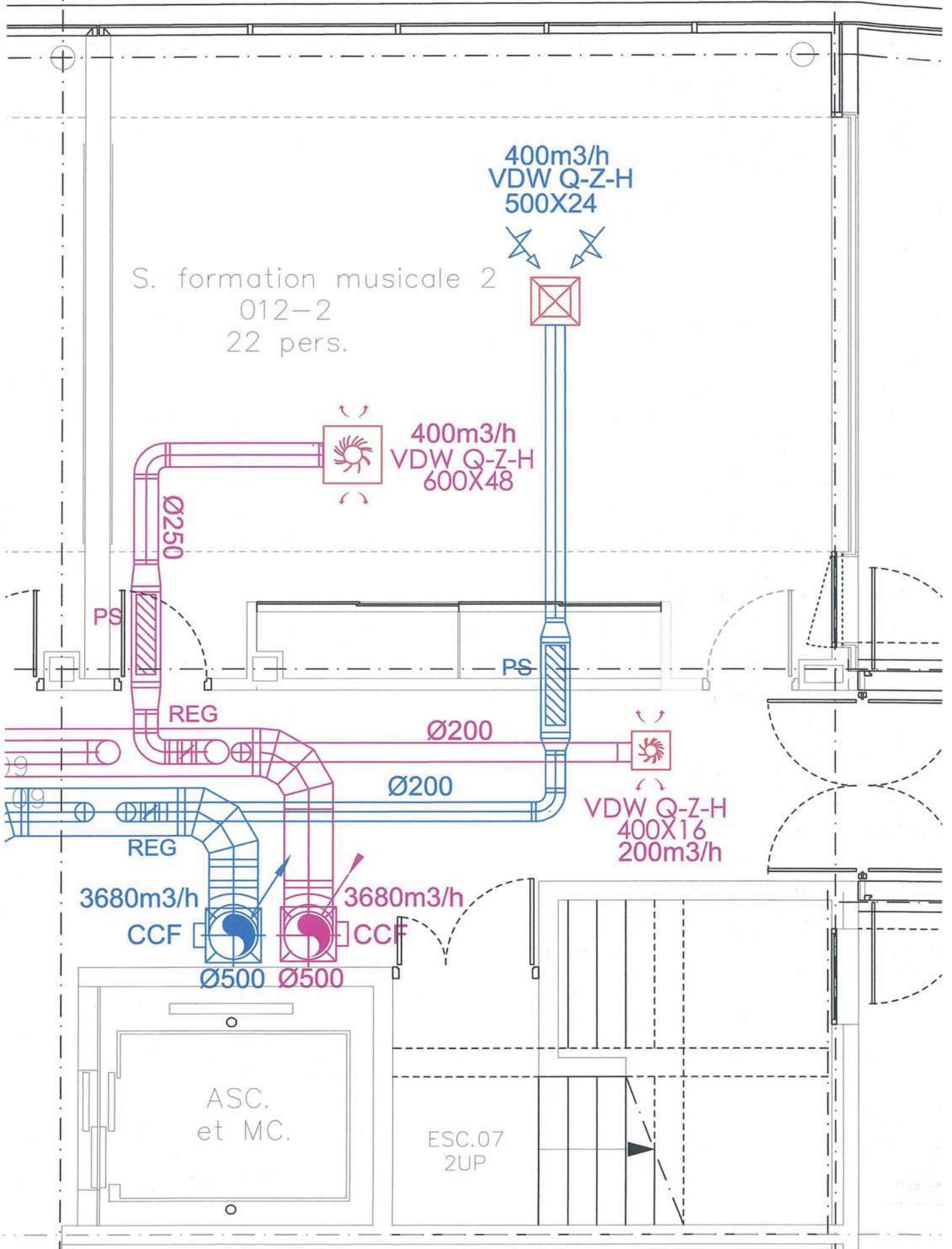
Plan du RDC AUDITORIUM et Bâtiment B  
Echelle : 1/200

21

Plan de Ventilation - RDC Bâtiment B  
Files 21 - 22

22

Echelle : 1/50

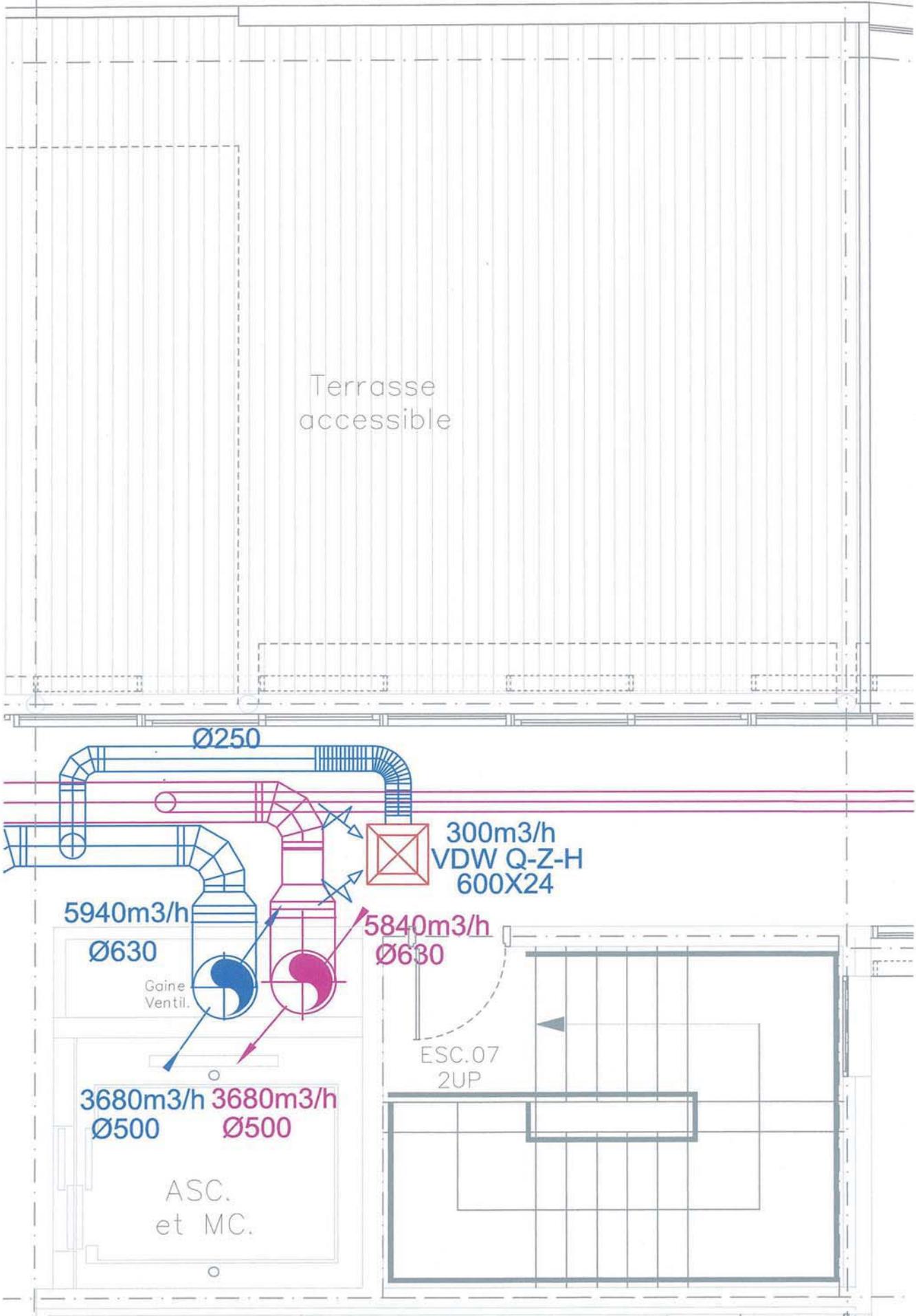


Plan de Ventilation - 1er Etage Bâtiment B  
Files 21 - 22

21

22

Echelle : 1/50



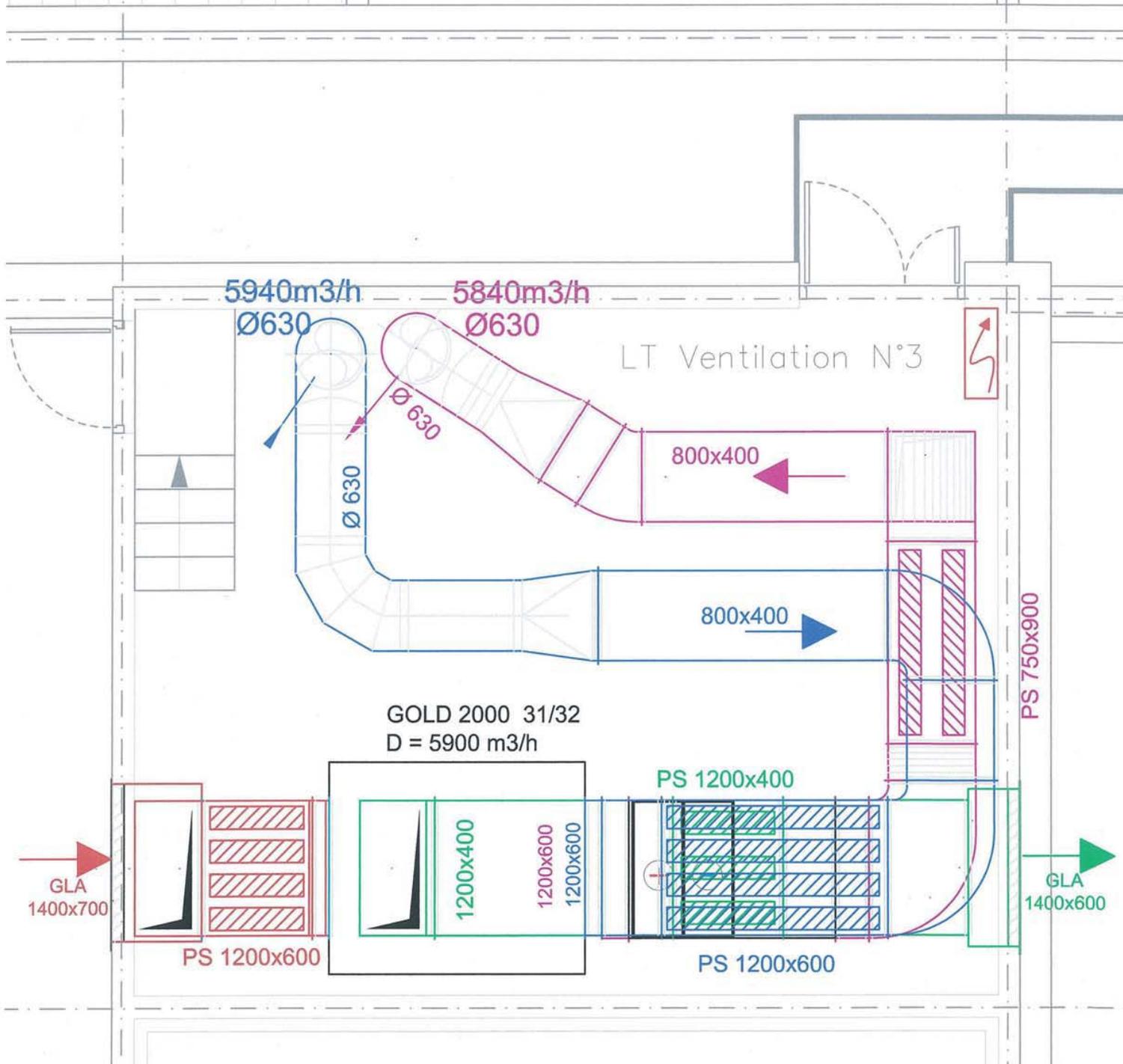
Terrasse R+1 accessible

21

Plan de Ventilation - Local Technique N°3  
Deuxième Etage - Bâtiment B

22

Echelle : 1/50

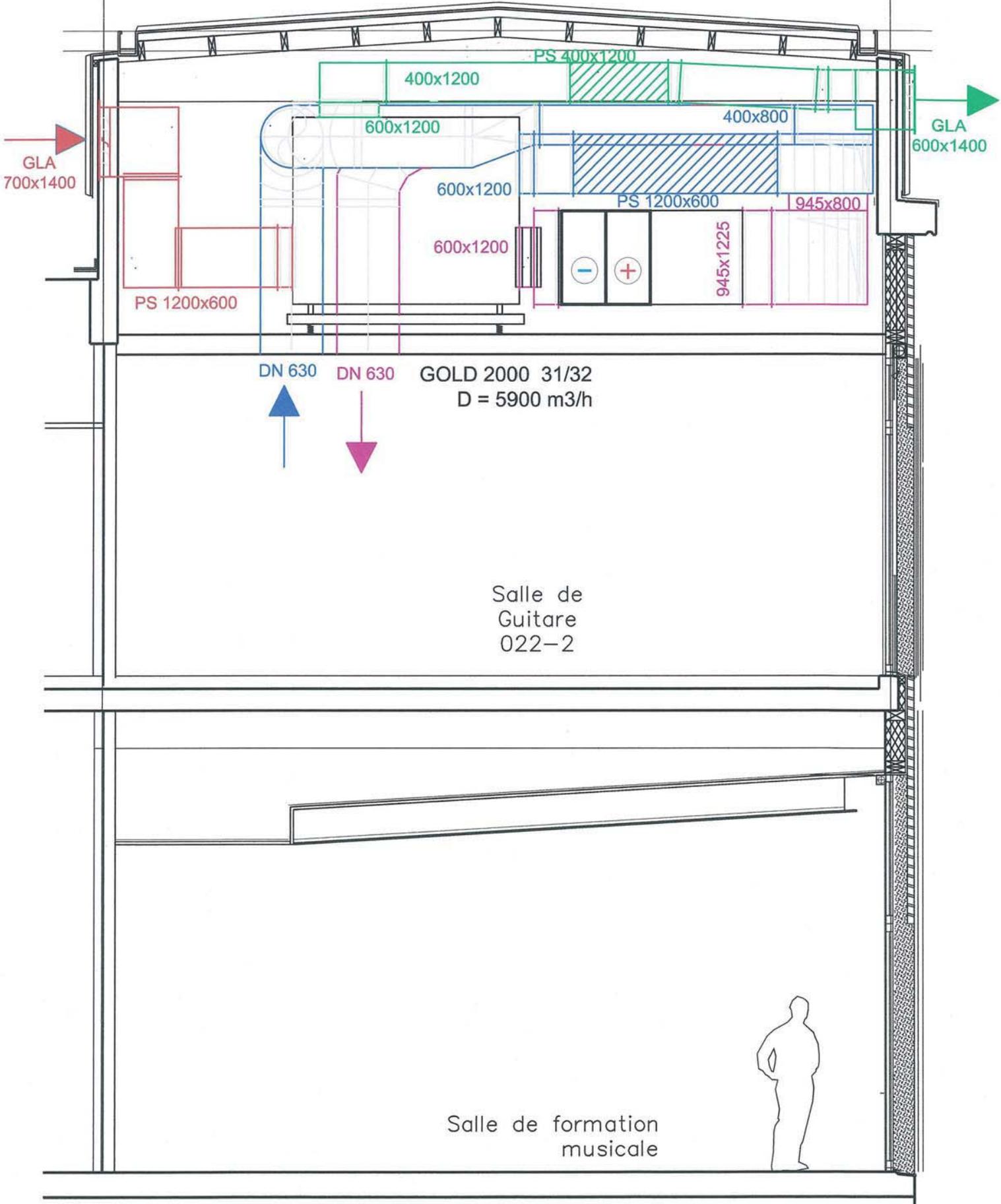


Coupe verticale bâtiment B  
Local Technique N°3

Echelle : 1/50

21

22



## **1<sup>ère</sup> PARTIE : Conception du système de production d'énergie du bâtiment**

1. Ce bâtiment fait l'objet d'une démarche Haute Qualité Environnementale. Après avoir expliqué l'objectif de cette démarche, vous indiquerez les principes directeurs pour appliquer la démarche HQE, dans le cadre de la construction d'un bâtiment.
2. La version de base du CCTP prévoit une production d'énergie par une chaufferie gaz avec chaudières à condensation et un groupe d'eau glacée à condenseur à air. Le maître d'ouvrage souhaite l'étude d'une autre option basée sur l'utilisation de thermofrigopompes. Vous établirez un comparatif sous forme d'un tableau synthétique présentant les avantages/inconvénients de chaque solution.
3. Pour l'option utilisant les thermofrigopompes, vous devez élaborer un schéma de principe des équipements du local de production d'énergie (document réponse N°1), à partir de deux pompes à chaleur sur nappe phréatique pour la production de chaud et de froid du bâtiment.

Ce schéma de principe sera conforme au cahier des charges et comportera : les réseaux primaires, secondaires avec tous les éléments de sécurité, de régulation et les équipements nécessaires au bon fonctionnement des installations. L'option plancher chauffant rafraîchissant alimenté par la nappe phréatique, sera elle aussi prévue.

## **2<sup>ème</sup> PARTIE : Dimensionnement du local de production d'énergie**

### **1. Production de chaud et de froid par thermofrigopompes**

- 1.1 Vérifier que la sélection du fabricant répond aux exigences du CCTP.
- 1.2 Déterminer les températures d'évaporation et de condensation des thermofrigopompes, en mode Hiver et en mode Eté, afin de pouvoir étudier ensuite le cycle frigorifique.
- 1.3 Présenter sous forme de tableau les grandeurs caractéristiques des points représentatifs du cycle.

### **2. Etudes des échangeurs à plaques**

Dimensionner les échangeurs à plaques placés entre le circuit de la nappe phréatique et les thermofrigopompes (modèles d'échangeurs présélectionnés par logiciel thermique, mais régime de température, puissance et nombre de plaques à déterminer). Compléter le document réponse N°3.

### **3. Etude hydraulique du circuit de captage et de rejet**

- 3.1 Sélectionner la pompe de captage. Vous appuierez votre étude sur un schéma répertoriant les conditions de fonctionnement imposées. Vous indiquerez toutes les hypothèses nécessaires.
- 3.2. Déterminer les réglages s'avérant nécessaires sur ce circuit de captage, afin d'alimenter les échangeurs à plaques.

### **3<sup>ème</sup> PARTIE : Traitement d'air de l'auditorium**

1. A partir des indications du CCTP et des plans, vous devez effectuer la conception de toute l'installation de traitement de l'auditorium. Tous les choix techniques effectués devront être clairement justifiés.

Pour chaque cas de figure étudié, tracer les évolutions de l'air sur les diagrammes psychrométriques fournis, et déterminer les caractéristiques des différents éléments composant l'installation de traitement d'air de l'auditorium (puissances, débits, efficacité).

2. Sur le document réponse N°2 « schéma de principe de la ventilation auditorium », dessinez les différents réseaux aérauliques et leurs raccordements sur la CTA (en utilisant des couleurs), et précisez les débits de chaque branche.

3. Réaliser un schéma de principe de la CTA avec tous les éléments nécessaires pour ce type d'installation afin de respecter les critères du CCTP et la réglementation en vigueur. Vous ferez apparaître tous les composants (sondes, actionneurs ...) nécessaires aux fonctions à programmer dans les régulateurs numériques.

4. A partir de l'analyse fonctionnelle de la gestion technique de la CTA de l'auditorium, établir la liste des points de GTB pour les fonctions : de régulation, de commande, de gestion et de sécurité. Puis dans un second temps vous sélectionnez les composants de ce système (document réponse N°4 à compléter).

### **4<sup>ème</sup> PARTIE : Acoustique**

1. Répertorier les éléments constituant le réseau de reprise, à partir des différents plans fournis, de la sortie de la CTA (local technique N°3) jusqu'à la bouche de reprise de la salle de formation musicale 12-02 située au RDC.

2. Proposer une méthodologie permettant de vérifier que les contraintes acoustiques fixées au CCTP sont vérifiées pour cette salle de formation (aucun calcul n'est attendu ici).

3. Déterminer le niveau de puissance acoustique en sortie du piège à son MSA100-50-8 PV / 1200 X 600 X 2000 sur le réseau de reprise, en tenant compte des caractéristiques de celui-ci. Présenter les résultats sous forme de tableaux dans le document réponse N°5.

4. Mener les calculs pour vérifier si les contraintes acoustiques fixées au CCTP sont respectées (document réponse N°5).