

# ETUDE DES INSTALLATIONS

- Tous documents autorisés.
- Durée : 8h00 + 30 mn de repas pris à la table de travail (sans sortir de la salle).
- Calculatrice programmable autonome autorisée conformément à la réglementation des examens. Les réponses aux questions numérotées seront claires et succinctes.
- Les résultats numériques seront donnés avec 3 ou 4 chiffres significatifs. Ils ne seront pris en compte qu'avec les opérations justificatives et leurs unités.
- Les 4 parties indépendantes seront traitées sur 4 copies différentes pouvant être corrigées indépendamment .

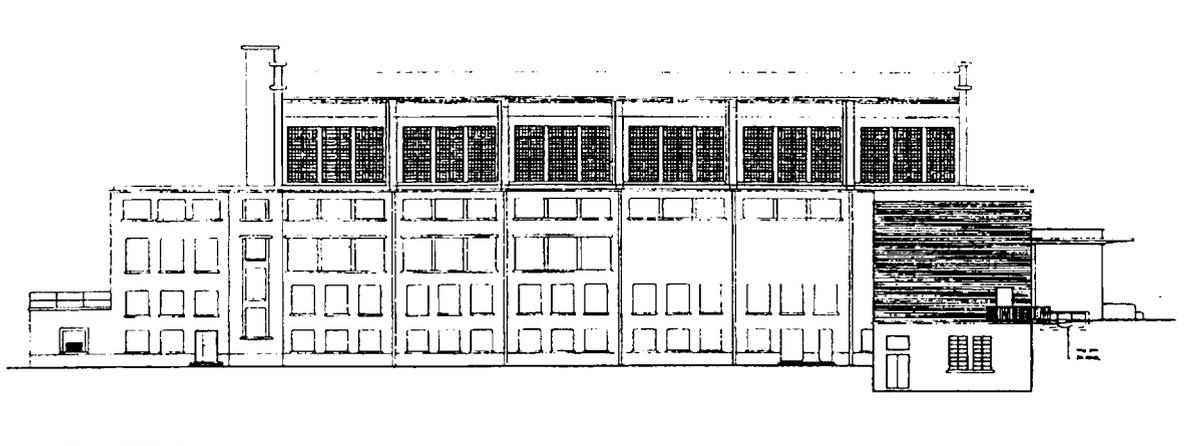
## BAREME:

PREMIERE PARTIE:	Décrire le fonctionnement ou les technologies tout ou partie de l'installation .....	20 points
DEUXIEME PARTIE:	Analyser les fonctions d'un équipement et proposer des solutions techniques de réalisation ou de modification .....	20 points
TROISIEME PARTIE:	Dimensionner, évaluer les performances et choisir un équipement.....	40 points
QUATRIEME PARTIE	Elaborer un document de réalisation d'une partie de l'installation .....	20 points

Ce sujet comporte 39 pages

	pages
Présentation générale	2
Texte du sujet	3 à 7
Cahier des clauses techniques particulières (extraits)	8 à 10
Schémas de principe	11 à 18
Documentations techniques	18 à 33 Bis
Documents réponses	34 à 38
Diagramme psychrométrique	39

B.T.S. EQUIPEMENT TECHNIQUE - ENERGIE		
Session 2000	Durée = 8 heures	Coefficient = 5
EEBEDI	Etude des installations option B	Page 1 sur 39



**L'USINE D'ELECTRICITE DE METZ (U.E.M.)**

La ville de Metz en tant que propriétaire de la piscine du square du Luxembourg a décidé la réhabilitation de celle-ci. Le dossier comporte des travaux sur les structures, l'enveloppe et les équipements techniques. Outre la piscine, le bâtiment abrite également un gymnase.  
Les thèmes abordés dans ce sujet sont principalement issus du lot n°16 : Chauffage-ventilation.

## DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ETABLISSEMENT

Cet établissement, construit en 1936, est de construction lourde, sans isolation spécifique au niveau des parois verticales opaques. Il est composé des différents niveaux suivants

\* un niveau : 2e sous-sol comprenant : en partie centrale, les locaux techniques en parties latérales, différents locaux annexes (destinés ultérieurement à une galerie technique).

\* un niveau : 1<sup>er</sup> sous-sol comprenant en parties latérales, des locaux annexes vestiaires et sanitaires (destinés aux vestiaires collectifs scolaires).

\* un niveau : RdC comprenant le hall piscine proprement dit et quelques locaux annexes (douches, pédiluves, accueil, locaux MNS ... ).

\* un niveau : étage (mezzanine) comprenant l'ensemble des vestiaires publics, les bains publics et le club.

## DONNEES GENERALES DE L'ETUDE

### Données climatiques

Conditions extérieures de base en hiver	température sèche = -15 [°C] humidité relative = 90 %
Conditions intérieures de base en hiver	température sèche = 30 [°C] humidité relative = 65 %

### Nombre d'occupants

Piscine :	Public = 420 personnes (soit une personne par m <sup>2</sup> de bassin) Personnel = 15 personnes
Gymnase :	100 personnes

# 1. Première partie

## 1.1. Production de chaleur (sous-station de chauffage urbain)

- 1.1.1. **Comparer** (en donnant pour chacune les avantages et les inconvénients) les deux solutions de production d'eau chaude basse température :
- Raccordement à un réseau de chauffage urbain à eau chaude haute température
  - Production par générateurs à combustion
- 1.1.2. La sous-station comporte deux échangeurs de puissance identique, raccordés en parallèle côtés primaire et secondaire.
- **Justifier** le choix de la solution avec deux échangeurs au lieu d'un seul échangeur.
  - **Indiquer** le principe de calcul de la puissance unitaire des échangeurs.
- 1.1.3. Justifier l'écart de température important ( 180 [°C] - 90 [°C] ) imposé sur le primaire ECHT

## 1.2. Circuit primaire ECHT

L'Usine d'Electricité de Metz (U.E.M.) a défini un cahier des charges minimal pour la réalisation des sous-stations de chauffage urbain. Ces prescriptions minimales ont été résumées sous forme d'un schéma de principe (page 11/39).

- 1.2.1. **Donner** le nom et la fonction des éléments repérés (2), (7) et (12).
- 1.2.2. **Expliquer** le fonctionnement de la mise en sécurité des échangeurs lorsque la température de sortie sur le secondaire atteint ou dépasse les seuils fixés pour la mise en sécurité.
- 1.2.3. **Justifier** la présence du robinet vanne limiteur repéré (8). **Justifier** pourquoi le réglage de ce robinet est plombé.
- 1.2.4. **Expliquer** le principe du comptage d'énergie thermique.

## 1.3. Production d'E.C.S.

La production d'eau chaude sanitaire est envisagée suivant le principe défini page 14/39

- 1.3.1. **Nommer et décrire** le principe de production d'E.C.S. Pour quelles raisons ce principe a-t-il été retenu ici?
- 1.3.2. **Justifier** la présence de soupapes de sécurité.

## 1.4. Déshumidification du hall bassin

- 1.4.1. **Expliquer** en s'appuyant sur un schéma de principe simplifié tracé à main levée en quoi consiste le principe de déshumidification par "pompe à chaleur".
- 1.4.2. **Justifier** l'utilisation d'un extracteur d'air à débit variable.

## 2. Deuxième partie

### 2.1. Production de chaleur (sous-station de chauffage urbain)

- 2.1.1. Le cahier des charges de l'U.E.M. imposent que les échangeurs de sous-stations soient en permanence irrigués par un débit d'eau secondaire minimum, ceci afin d'éviter toute vaporisation accidentelle dans l'échangeur. **Analyser** en justifiant votre réponse si cette disposition est respectée.
- 2.1.2. **Proposer** (sous forme d'un schéma de principe tracé sur le document réponse page 34/39) une autre solution permettant d'assurer, de façon sûre et certaine :
- la circulation d'un débit d'eau permanent et constant dans les échangeurs
  - la mise en sécurité des échangeurs dans le cas d'une pression statique insuffisante du circuit secondaire ou d'un débit d'eau trop faible.

### 2.2. Hall bassin

- 2.2.1. **Calculer** la valeur maximale du coefficient K des parois vitrées du hall bassin afin d'éviter toute condensation sur leur surface intérieure. (les résistances superficielles du vitrage seront  $1/h_i = 0,11 [m^2.K.W^{-1}]$  et  $1/h_e = 0,06 [m^2.K.W^{-1}]$ )  
Cette condition est-elle réalisée dans le cas de doubles-vitrages ordinaires? Si non, Proposer et décrire deux solutions envisageables pour empêcher ce phénomène de condensation?

La régulation de la centrale d'air bassin est envisagée de la façon suivante :

- régulation de la température de préchauffage d'air neuf (en aval de la batterie de préchauffage) à une valeur fixe par action sur le débit d'eau chaude traversant la batterie de préchauffage
- régulation de la température du hall bassin par action sur le débit d'eau chaude traversant la batterie chaude terminale
- limitation de l'humidité relative du hall bassin par action sur les volets d'air neuf et d'air recyclé (fonctionnant en opposition).
- respect d'un débit minimum d'air neuf hygiénique
- protection de la batterie de préchauffage contre le risque de gel.

- 2.2.2. **Compléter** le document réponse page 35/39 en y ajoutant le schéma fonctionnel de la régulation décrite ci-dessus (capteurs, régulateurs, actionneurs, liaisons, etc.)
- 2.2.3. **Indiquer** les précautions envisageables à titre préventif pour prévenir le risque de gel de la batterie de préchauffage et **indiquer** les séquence d'actions à déclencher dans le cas où l'on détecte une température aval batterie de préchauffage en dessous du seuil antigel.

### 2.3. Dispositif d'expansion

Le dispositif retenu pour l'expansion est un "PNEUMATEX- Automate PAF-A0" dont le fonctionnement est décrit par la documentation technique (pages 18 à 21/39).

- 2.3.1. **Réaliser** un graphe montrant l'état de l'électrovanne et du compresseur du Pneumatex en fonction de la pression statique à maintenir.
- 2.3.2. **Indiquer** si ce dispositif d'expansion assure le remplissage automatique en eau de l'installation. (**justifier** votre réponse)
- 2.3.3. **Compléter**, à l'aide du schéma électrique page 21/39, le document réponse page 36/39 en indiquant la fonction exacte de chaque lampe témoin (voir exemple sur le document réponse)
- 2.3.4. **Proposer** une solution technique permettant un refroidissement maximal de l'eau de dilatation entrant dans le Pneumatex (cette disposition vise à préserver la durée de vie de la vessie en néoprène)

### 3. Troisième partie

#### 3.1. Production et stockage ECS

Le volume du ballon de stockage a été fixé à 1000 litres. La température de l'eau chaude sanitaire stockée dans le ballon est 55 [°C]. La température de l'eau froide adoucie sera prise égale à 10 [°C]. Le temps de réchauffage (en l'absence de tout puisage E.C.S.) du ballon (de 10 [°C] à 55 [°C]) ne doit pas excéder 14 minutes.

3.1.1. **Calculer** la puissance nécessaire au réchauffage et le débit du primaire.

Le ballon de stockage a la forme d'un cylindre à fonds plats. Il est construit en tôle d'acier inoxydable (épaisseur et résistance thermique négligées) et isolé thermiquement par une épaisseur uniforme de 50 [mm] de mousse de polyuréthane (conductivité thermique égale à 0,039 [W.m<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>]). La température ambiante du local technique abritant le ballon est égale à 20 [°C]. L'eau chaude sanitaire est stockée à la température de 55 [°C].

Les dimensions du ballon (hors isolation) sont les suivantes : hauteur = 2000 [mm]  
diamètre = 800 [mm]

Les résistances superficielles seront prises égales à :  $1/h_i = 0,00$  [m<sup>2</sup>.K.W<sup>-1</sup>] (négligé)  
 $1/h_e = 0,11$  [m<sup>2</sup>.K.W<sup>-1</sup>]

3.1.2. **Calculer** la déperdition totale du ballon en [W] et la consommation d'entretien journalière en [kWh.jour<sup>-1</sup>].

#### 3.2. Echangeurs sous-station chauffage urbain

Les échangeurs de sous-station chauffage urbain sont de type faisceau tubulaire et calandre (avec une passe côté calandre et deux passes coté tubes. Avant les transformations envisagées, chaque échangeur fonctionnait dans les conditions de bases suivantes :

puissance échangée	Circuit primaire			Circuit secondaire		
	Température d'entrée	Température de sortie	Chaleur massique	Température d'entrée	Température de sortie	Chaleur massique
[kW]	[°C]	[°C]	[J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	[°C]	[°C]	[J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]
1035	180	95 [°C]	4280	70	90	4196

**Déterminer**, en utilisant la méthode des NUT (voir page 22/39), la valeur du produit  $K_g.S$  d'un échangeur.

### 3.3. Centrale d'air hall bassin

Le débit minimal d'air neuf hygiénique est fixé à 13 000 [m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>] (ce qui correspond à un débit massique d'air sec égal à 4,30 [kg<sub>as</sub>.s<sup>-1</sup>]). Le débit maximal d'air neuf utilisé pour la déshumidification du hall bassin sera égal à 28 000 [m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>] (soit 9,26 [kg<sub>as</sub>.s<sup>-1</sup>]). On rappelle que le débit d'air soufflé est égal à 40 000 [m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>]. Pour la suite, on considérera que le débit massique d'air sec soufflé est constant et vaut 11,95 [kg<sub>as</sub>.s<sup>-1</sup>].

- 3.3.1. **Déterminer** à l'aide de la documentation technique page 25/39 le type de la batterie de réchauffage (en se basant sur les conditions de fonctionnement ci-dessous), sa perte de charge sur l'eau et les conditions de sortie pour l'air.

Conditions de fonctionnement :

- débit d'air neuf = débit maximal d'air neuf
- caractéristiques de l'air neuf = conditions de base extérieures
- enthalpie spécifique de l'air neuf = - 3,6 [kJ.kg<sub>as</sub><sup>-1</sup>]
- puissance de la batterie de préchauffage = 120 [kW]
- puissance de la batterie de réchauffage = 400 [kW]

*Nota : on notera que cette sélection nécessite de déterminer la température de l'air entrant dans la batterie, c'est-à-dire la température de mélange..*

- 3.3.2. **Choisir** dans la gamme Satchwell MJF ou MZFP (documentation technique page 29/39) la vanne de régulation pour la batterie de chauffage choisie à la question précédente.

Le ventilateur de la centrale est de type centrifuge à aubes inclinées vers l'avant. La perte de charge à vaincre (réseau de distribution + centrale) est égale à 520 [Pa].

- 3.3.3. **Déterminer** à l'aide des courbes du ventilateur (page 32/39) les caractéristiques de fonctionnement suivantes :

- pression dynamique
- vitesse de rotation
- rendement
- puissance à l'arbre
- vitesse périphérique
- puissance recommandée pour le moteur

### 3.4. Circuit chauffage par panneaux de sol (façade Sud)

Le circuit de chauffage panneaux de sol alimente en parallèle 4 collecteurs-distributeurs. Sur chaque collecteur-distributeur sont raccordées 4 boucles en P.E.R. La puissance totale à fournir pour ce circuit est égale à 24 [kW]. La température de départ en conditions de base est fixée à 50 [°C], celle de retour à 40 [°C]. La vanne de régulation choisie a un  $k_{vs}$  de 8 [m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>.bar<sup>-1/2</sup>]. La perte de charge totale (non comprise la perte de charge de la vanne de régulation) du circuit le plus défavorisé est de 20 [kPa].

- 3.4.1. **Calculer** le débit d'eau chaude prélevé dans la bouteille en conditions de base (en supposant la vanne de régulation en position grande ouverte).
- 3.4.2. **Calculer** le débit à faire circuler dans le bipasse fixe.
- 3.4.3. **Calculer** quelle doit être la hauteur manométrique du circulateur.
- 3.4.4. **Sélectionner**, à l'aide des documents pages 33 et 33 Bis/39, le circulateur le mieux adapté.
- 3.4.5. **Déterminer** la perte de charge éventuelle à créer à l'aide de la vanne de réglage pour obtenir exactement le débit voulu.



Piscine Square du Luxembourg - 57 Metz  
**Travaux de réhabilitation**  
**Lot n 016 - Chauffage-ventilation**

**1. DESCRIPTION SOMMAIRE DES INSTALLATIONS EXISTANTES :**

*a) Production thermique :*

*La production thermique de l'établissement est assurée par une station d'échange UEM située dans un local technique spécifique équipé de deux échangeurs eau surchauffée / eau chaude alimentant une sous-station principale équipée de différents circuits eau chaude 90/70°C.*

*Echangeur UEM :*

- température de service : 180/95°C*
- pression abs de service 25 bars*
- Puissance unitaire : 1035 kW.*

*b) Sous-station principale :*

*La sous-station principale, située en local technique sous-sol, comprend essentiellement deux collecteurs aller et retour équipés des circuits de distribution suivants*

- 1 circuit régulé logements et ateliers (bâtiments annexes à la piscine)*
- 1 circuit constant échangeur bassin*
- 1 circuit constant production ECS (douches piscine et douches collectives)*
- 1 circuit régulé radiateurs (locaux annexes)*
- 1 circuit constant gymnase (bâtiment annexe à la piscine)*
- 1 circuit constant pompe à chaleur en déshumidification (hall bassin)*

*c) Chauffage, ventilation, déshumidification et ECS :*

*Le chauffage, la ventilation et la déshumidification du hall piscine RDC et de l'étage Mezzanine sont assurés par une pompe à chaleur en déshumidification équipée d'un caloduc, par l'intermédiaire de différents réseaux de soufflage et reprise (gainés maçonnées et métalliques).*

*L'ensemble des autres locaux est chauffé statiquement par des émetteurs fonte; la ventilation s'effectuant naturellement par ouverture des ouvrants.*

*La production d'eau chaude sanitaire de l'établissement est assurée, en accumulation eau chaude, par l'intermédiaire de 3 ballons équipés d'épingles eau chaude régulées, situés en étage sous-sol technique.*

**2. DESCRIPTION SOMMAIRE DES TRAVAUX A EFFECTUER:**

Différents postes seront observés au niveau des installations :

- production thermique (sous-station UEM) et sous-station primaire
- centrale de production traitement d'air hall bassin
- hall piscine et mezzanine (Rdc et étage)
- douches
- pédiluves (Rdc)
- vestiaires collectifs scolaires R-1
- locaux divers (tous niveaux)
- sanitaires -production ECS
- désenfumage
- électricité et régulation.

## a) Production thermique et sous-station primaire

La production thermique UEM existante et distribution sous-station primaire (collecteurs) seront intégralement conservés. Seuls quelques aménagements hydrauliques seront réalisés au niveau de la sous-station. Les régimes de températures en conditions de base seront 180/90 °C pour le primaire et 70/90 °C pour le secondaire.

### • **Circuit logements et ateliers** (en local technique)

Puissance : 70 kW                      Débit : 3 m<sup>3</sup>/h

Les équipements secondaires du circuit logements et atelier (pompe et vannes) seront remplacés.

Le raccordement hydraulique calorifugé sur le circuit de distribution existant conservé s'effectuera en local technique à proximité de la station secondaire en limite de pénétration bâtiment.

### • **Circuit échangeur bassin** (en locaux techniques et sous-station UEM)

Puissance : 600 kW                      Débit : 26 m<sup>3</sup>/h

L'échangeur tubulaire existant de chauffage bassin, situé dans la sous-station UEM sera démonté et évacué à la décharge.

Cet échangeur sera remplacé par un nouvel échangeur à plaques inox en lieu et place du précédent.

Une refonte complète du réseau de distribution échangeur bassin et des équipements secondaires sera réalisée (pompes, vannes, by-pass, ... )

### • **Circuit ECS** (local technique)

Puissance : à déterminer      Débit : à déterminer

Un nouveau circuit production primaire ECS sera réalisé à partir du collecteur général pour alimenter la nouvelle installation de production ECS située également en local technique (pompes, vannes et distribution calorifugée en local technique)

### • **Circuit centrale d'air étages** (vestiaires N-1 et douches RDC)

Puissance : 210 kW                      Débit : 9 m<sup>3</sup>/h

Un circuit centrale d'air étages sera créé à partir du collecteur général (pompes, vannes et distribution calorifugée en local technique).

### • **Circuit centrale d'air hall piscine** (local technique)

Puissance chauffage centrale : 400 kW                      Puissance batterie préchauffage AN : 120 kW  
Puissance globale : 540 kW                                      Débit global : 23 m<sup>3</sup>/h

Un nouveau circuit centrale d'air hall piscine sera réalisé à partir du collecteur général pour alimenter la batterie de chauffage centrale d'air bassin, les batteries de préchauffage AN (pompes, vannes et distribution calorifugée en local technique).

### • **Circuit gymnase + façades**

Puissance gymnase : 186 kW                                      Puissance sous-stations façades : 140 kW  
Puissance globale : 326 kW                                      Débit global: 14 m<sup>3</sup>/h

Le circuit actuel desservant le gymnase en sous-sol N- 1 sera démonté et évacué.

Un nouveau circuit circulant en sous-sol N-2 sera créé pour alimenter, par l'intermédiaire de la sous-station d'échange spécifique, d'une part le gymnase et d'autre part les circuits statiques façades Est-Ouest et Sud.

Ces travaux seront complétés par la mise en œuvre d'une nouvelle installation d'expansion avec maintien de pression automatique.

## **b) Centrale de production traitement d'air:**

Compte tenu des problèmes de dysfonctionnement de la pompe à chaleur actuelle et de son coût d'entretien périodique très élevé, il est envisagé une restructuration complète des installations de chauffage, ventilation et déshumidification du hall bassin, par la mise en place d'une installation de modulation du débit d'air neuf

### Rappel technique :

#### **• Situation actuelle:**

Actuellement, la déshumidification de l'air du hall bassin, nécessaire à la conservation du bâtiment et au confort des baigneurs, est assurée par une pompe à chaleur en déshumidification située en local technique et fonctionnant en circuit fermé (recyclage sur le hall avec apport d'air neuf réglé au minimum hygiénique).

La diffusion de l'air dans le hall bassin est assurée par différents réseaux métalliques en sous-sol technique et maçonné dans le hall. Chaque réseau est équipé de grilles de soufflage horizontales ou verticales. La reprise est assurée par deux grilles situées sur les gaines maçonnées façade Sud.

#### **• Dans la solution préconisée : Modulation du débit d'air neuf :**

La déshumidification de l'air du hall piscine sera assurée, non plus par les PAC, mais par un apport d'air neuf extérieur modulé. Le pouvoir déshumidifiant de l'air extérieur étant variable suivant la saison, le système proposé permettra d'ajuster le débit d'air neuf introduit aux stricts besoins de confort et de déshumidification, afin de réduire les consommations tout en respectant le confort.

Dans cette solution, le débit d'air soufflé dans le hall sera constant. Le chauffage et le brassage seront assurés par recyclage constant du hall. La proportion d'air neuf sera modulée et commandée par hygrostats placés dans le hall au niveau des réseaux de reprise.

L'introduction d'air neuf sera donc permanente et le débit de cet air sera celui strictement nécessaire à la déshumidification.

La décompression du hall sera assurée par des extracteurs à débit variable équipés de jalousies automatiques.

Une armoire électrique de contrôle sera installée en local technique. Cette armoire permettra de contrôler à tout instant le fonctionnement de la nouvelle installation (fonctionnement des ventilateurs, Delta\_P des filtres, fermeture et ouverture des registres).