SESSION 2019

PRIX AICVF JEUNES
BAC+2 / BAC+3

Durée : 4 heures

Matériels et documents autorisés :

- *Calculatrice électronique de poche – y compris calculatrice programmable, alphanumérique ou à écran graphique - à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99186 du 16 novembre 1999.*

L'usage de tout document, ouvrage et de tout autre matériel électronique est interdit.

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.***

DOCUMENTS FOURNIS :

- **Sujet** : 1 page de garde + 6 pages (A4)
- **Documents annexes** :
  - **DA1** : Résultats du logiciel TECSOL 2018 page 17/23
  - **DA2** : Profil du climat Toulousain pour l'année 2017 page 18/23
  - **DA3** : Schéma de principe : Réseau Plomberie page 19/23
  - **DA4** : Schéma de principe : Chaufferie page 20/23
  - **DA5** : Implantation des capteurs solaires page 21/23
  - **DA6** : Diagramme psychrométrique AICVF page 22/23
- **Documents Réponses** :
  - **DR1** : Bilan et justification des régimes d'eau page 14/23
  - **DR2** : Schémas fonctionnels de régulation page 15/23
  - **DR3** : Analyse économique page 16/23

COMPOSITION DU SUJET :

	Page	Notation en %
Présentation	2	
Partie 1 : Conception des installations techniques	9	20%
Partie 2 : Production d'ECS solaire	10	20%
Partie 3 : Traitement de l'air	11	20%
Partie 4 : Rentabilité	12	20%
Partie 5 : Régulation - GTB	13	20%

AVIS AUX CANDIDATS :

Les 5 parties sont indépendantes.

Les **références des questions** doivent être **clairement indiquées** avant chaque réponse.

- Tout résultat doit être justifié.
- Les renseignements non fournis ou les données supposées manquantes sont laissés à l'initiative du candidat.
- Dans le cas où un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale très lisiblement dans sa copie, propose la correction envisagée et poursuit l'épreuve en conséquence.
- Il sera tenu compte dans la correction de la clarté des réponses, ainsi que de la qualité graphique de la copie.
- Chaque partie sera composée sur une feuille distincte

PRESENTATION

Le support technique de l'épreuve est la construction d'un complexe sportif. Le projet construit en zone **H2** à une altitude **153m**, repose sur une surface totale de 5687 m². Le marché passé est de type Marché Public.

Il est principalement composé de trois bassins, une pataugeoire de 30m², un bassin d'apprentissage de 150m², d'un bassin sportif de 375m² et d'une patinoire attenante de 1870m² (cf. image en page de garde). Des locaux tels que hall d'entrée, vestiaires, bureaux, sanitaires, complètent la structure.

Les objectifs ici sont d'analyser, étudier et vérifier certains équipements, certains choix ou options mis en place par le BET d'ingénierie CVC.

Données de base du projet :

Conditions climatiques de base extérieures

	HIVER	ETE
Température	-5°C	32°C
Hygrométrie	90%	40%

Conditions climatiques intérieures (locaux pouvant être utiles à l'étude)

Désignation		Température	Hygrométrie
B1	Banque à patins	19°C	NC
B2	Zone de déchaussage public	19°C	NC
B3	Local affûtage	19°C	NC
B4	Vestiaires sportifs	20°C/23°C douches	NC
B5	Vestiaires arbitres	20°C/23°C douches	NC
B6	Salle de déshabillage	19°C	NC
B7	Piste de glace	14°C	70%
B8	Tour de piste	14°C	70%
B10	Garage surfaceuse	14°C	NC
B11	Espaces tribunes	14°C	80%

Désignation		Température	Hygrométrie
C7	Douches	23°C	NC
C8	Pédiluve	27°C	65%
C9	Bassin sportif	27°C	65%
C10	Bassin apprentissage	27°C	65%
C11	Pataugeoire intérieure	27°C	65%
C12	Plages intérieures	27°C	65%

Principaux régimes d'eau utilisés en production et distribution :

- Eau chaude : 80°C/60°C – 42/32°C – etc.
  Masse volumique : 1000 kg/m^3
  C_{eau} = 4,18 kJ/kg°C

- Eau glycolée : 2°C/7°C
  Masse volumique : 1046 kg/m^3
  C_{eau} = 3,717 kJ/kg°C

Bilan thermique des locaux nécessaire aux études :

a) Traitement de l'air, chauffage et ventilation du **hall piscine** :

HIVER : Déperditions = 68 376 W
Quantité d'eau évaporée : Baigneurs : 35 kg/h
Bassin : 182,0 kg/h

ETE : Apports sensibles : 99 719 W
Quantité d'eau évaporée : Baigneurs : 35 kg/h
Bassin : 142,9 kg/h

Taux de brassage minimum imposé : 5 Vol/h
Volume du hall bassin : **9000 m³**

Débit d'air neuf hygiénique : selon **RSDT** : 22 m³/h par baigneur

FMI (Fréquence moyenne Instantanée) : 350 personnes sur les trois bassins

b) Traitement de l'air de la **Patinoire** :

Afin de définir le cas le plus défavorable pour les besoins thermiques de cette zone, trois modes de fonctionnement sont étudiés :

Consignes mode veille : (fermeture au public de la patinoire)

Hiver et Eté

Θ int. Souhaitée =	**7**	°C
HR int. Souhaitée =		%
Limite haute r * =	0,007	kg eau / kg as
HR int Retenu =	**95**	%
Occupants =	0	Spectateurs
	0	Patineurs
Eclairage =	0	W

(* donnée du BET : teneur en eau de l'air intérieur ne devant jamais dépasser 7 g_{eau}/kg_{as})

Consignes mode public : (ouverture au public)
Les charges dues aux occupants représentent une donnée essentielle pour déterminer la puissance nécessaire pour combattre les calories absorbées par la glace. Deux cas seront simulés :

- Hiver et Eté cas n°1 :

Θ intérieure souhaitée. =	**9**	°C
HR int. Souhaitée =		%
Limite haute r =	0,007	kg eau / kg as
HR int Retenu =	**95**	%
Occupants =	22	Spectateurs
	578	Patineurs
Eclairage =	21440	W

- Hiver et Eté cas n°2 :

Θ int. =	**14**	°C
HR int. Souhaitée =		%
Limite haute r =	0,007	kg eau / kg as
HR int Retenu =	**70**	%
Occupants =	44	Spectateurs
	1159	Patineurs
Eclairage =	21440	W

L'énergie absorbée par la glace donne deux valeurs (apports sensibles et latents) qui ont été transmises par le BET en charge du lot GLACE :

Puissance sensible de la glace = - 160 W/m²

Puissance latente de la glace * = - 40 W/m²*(Condensation de l'humidité de l'air sur la glace)

Bilan thermique dans tous les cas :

HIVER	Bilan sensible	Bilan Latent
Mode Veille	- 285 795W	-69 520W
Mode public cas n°1	- 167 364W	-22 222W
Mode cas public n°2	-97 561W	48 066W

ETE	Bilan sensible	Bilan Latent
Mode Veille	- 232 008W	- 69 520W
Mode public cas n°1	- 113 346W	- 22 222W
Mode cas public n°2	- 43 821W	48 066W

Débits d'air mis en jeu :

- Hygiénique :

  Le débit d'air hygiénique nécessaire sera fonction du nombre de personne et de leur activité.

  Débit hygiénique / spectateur = 18 m^3/h/pers

  Débit hygiénique / patineur = 22 m^3/h/pers

- Soufflé :

  Taux de brassage : 2 vol/h

  Hauteur moyenne de la patinoire : 10 m

c) Puissances théoriques à installer dans les locaux

Besoins en chauffage Batteries chaudes en CTA	Puissances calculées	Besoins en chauffage	Puissances calculées
CTA Piscine	247,8 kW	Radiateurs	20,7 kW
CTA Patinoire (mode veille)	296,5 kW	Plancher chauffant	26,4 kW
CTA Vestiaire	40,6 kW	ECS semi instantanée	278 kW
CTA Gradins (nb 4)	70 kW (4 * 17,5kW)	Chauffage eau bassin	359 kW
Puissance totale théorique : 1339 kW			

Besoins en froid Batteries froides en CTA	Puissances calculées
CTA Piscine	148,4 kW
CTA Patinoire (cas 2 public)	247 kW
CTA Vestiaire	40,6 kW
CTA Gradins (nb 4)	----

Prescriptions Techniques générales : Chauffage – Ventilation

1) Production de chaleur :

. Générateurs :

2 Chaudières en cascade
Puissance unitaire : 787 kW pour 50/30°C
720 kW pour 80/60°C

. Régulation : régulateur intégré au générateur

La température de départ sera glissante en fonction de la température extérieure et assurée par action sur les bruleurs. Les chaudières fonctionneront à température et puissance variable.

2) Récupération de chaleur :

La production de glace pour la patinoire est réalisée par deux groupes frigorifiques. La demande est telle que la production est continue.
La chaleur sera récupérée par l'intermédiaire d'un échangeur à plaques. Celui-ci sera bypassé lorsque la température dans le ballon sera atteinte. La chaleur sera alors rejetée à l'extérieur par deux aéroréfrigérants alimentés en eau glycolée.

3) Ventilation – Traitement de l'air - CTA double flux

a) Hall piscine et patinoire, vestiaires piscines

Trois CTA assureront l'intégralité du chauffage, traitement d'air et déshumidification du hall piscine et patinoire et des vestiaires piscines.
Le chauffage sera réalisé par batterie chaude hydraulique alimentée par la récupération des groupes froids et par les chaudières.

Pour le hall piscine :

Le volume sera traité par une CTA double Flux pouvant fonctionner en tout air neuf.
Elle assurera le chauffage et la déshumidification de l'air de la piscine par batterie chaude et froide avec un taux de brassage minimum de 5.
La récupération d'énergie présentera une efficacité minimale de 75% par l'intermédiaire d'un échangeur rotatif.
Le débit d'air neuf sera asservi au taux d'humidité. Il sera également présent un système de déshumidification par batterie froide tout en privilégiant l'apport d'air neuf.

Extractions des Chloramines
Une CTA spécifique à deux vitesses devrait assurer la captation des Chloramines en pied des bassins. Le débit volumique d'air à assurer serait de 10 690 m^3/h.
La récupération d'énergie sera alors réalisée par un échangeur à plaques à courant croisé d'efficacité de 75%. L'extraction des Chloramines se ferait en bout de piscine au niveau sous-sol

Pour le Hall Patinoire

Le volume sera traité par une CTA pouvant fonctionner en tout air neuf ou avec une partie recyclage. Elle assurera le chauffage et la déshumidification de l'air de la patinoire par batterie chaude et froide avec un débit maximal de 37000 m^3/h/
Le volume d'air neuf sera asservi à la fréquentation par sonde CO_2, au taux d'humidité et à une détection de CO à deux seuils pour prendre en compte l'émission de gaz d'échappement de la surfaceuse, placée sur l'air repris.

La récupération d'énergie sera réalisée à l'aide d'un échangeur rotatif avec une efficacité totale minimum de 80% en sensible et 75% en latent.
La batterie froide permettra la déshumidification de l'air de la patinoire par contrôle hygrothermique

Pour la CTA vestiaires Piscines

Le volume sera traité par une CTA double flux fonctionnant avec un débit d'air neuf hygiénique. Elle assurera le chauffage des vestiaires piscine et l'appoint du hall par batterie chaude avec un débit maximal de 12000 m^3/h. L'échangeur aura une efficacité « sensible » de 75% minimum.
Il sera installé un bypass avec registres motorisés et sonde de température

Une partie du volume des vestiaires piscine sera extrait en partie par la VMC dans le bloc douches/sanitaires et l'autre sera recyclée par la CTA au centre de la pièce. Le débit d'air extrait sera plus faible que le débit d'air soufflé.

Régulation des systèmes CTA

- **CTA piscine :**

La température de soufflage sera glissante en fonction de la température extérieure et d'une sonde de reprise.
Le contrôle de température sera assuré par action sur la vanne 2 voies de la batterie de chauffage en fonction d'une sonde soufflage.
La batterie chaude sera protégée par un thermostat antigel. Son action permettra :

- D'arrêter les ventilateurs
- Ouvrir à 100% la vanne de la batterie
- Fermer le registre d'air neuf

Le matériel nécessaire à la régulation est décrit ci-dessous :

- Sonde de température de gaine soufflage
- Capteur d'humidité et température de gaine (double fonction)
- Sonde qualité d'air de gaine
- Pressostat d'air 20 à 300 Pa contrôle dépression
- Pressostat d'air 50 à 500 Pa encrassement filtre Vanne 2 voies
- Thermostat antigel (-30 / +15°C) consigne à +3°C
- Sonde humidité extérieure

- **CTA patinoire :**

La température de soufflage sera glissante en fonction de la température extérieure et d'une sonde de reprise.
Le contrôle de température sera assuré par action sur des vannes 2 voies (batterie chaude et froide) en fonction d'une sonde soufflage.
La batterie chaude sera protégée par un thermostat antigel. Son action permettra :

- D'arrêter les ventilateurs
- Ouvrir à 100% la vanne de la batterie
- Fermer le registre d'air neuf

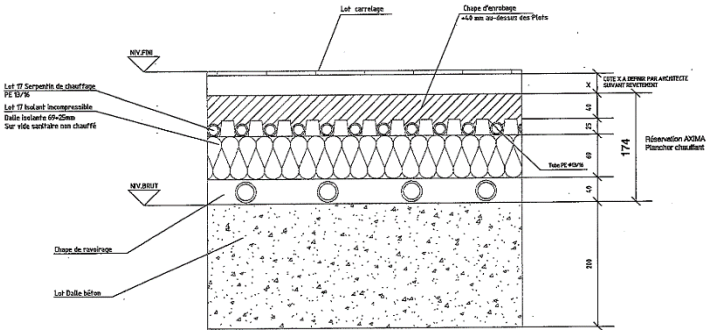
Le matériel nécessaire à la régulation est décrit ci-dessous :

- Sonde CO à 2 seuils – capteur de 0 à 100 ppm
- Sonde de gaine soufflage : température et hygrométrie
- Sonde de reprise : température et hygrométrie
- Sonde qualité d'air de gaine – Capteur CO_2 de 0 à 10000 ppm
- Pressostat d'air 20 à 300 Pa pour ventilateur
- Pressostat d'air 50 à 500 Pa encrassement filtre Vanne 2 voies

4) <u>Emission de chaleur des autres locaux :</u>

a) Chauffage par plancher chauffant

Les zones Hall d'entrée, déchausse et déshabillage scolaire seront dotées d'un plancher chauffant basse température, incorporé au sol en dalle désolidarisée. Ils seront alimentés er régulés depuis la chaufferie.
Il sera prévu, conformément au DTU 65.14, une sécurité coupant l'émission en cas de dépassement de température d'eau au-dessus de 65°C.



b) Chauffage par radiateurs :

Seront concernés : le bureau direction, les locaux annexes à la patinoire et à la piscine (à l'exception des autres locaux non chauffés ou chauffés par plancher chauffant).

La régulation du circuit se fera en fonction de la température extérieure (loi d'eau) et par robinets thermostatiques.

c) Régulation des deux circuits émission régulés :

Ces régulations comprennent :

- 1 sonde extérieure
- 1 sonde de départ et une de retour
- 1 régulateur de type PID
- 1 horloge à programme journalier
- 1 sonde d'ambiance à température résultante pour les locaux concernés
- 1 vanne trois voies modulante
- 1 thermostat à plongeur

5) <u>Réseau de distribution en chaufferie :</u>

A partir d'une nourrice, seront piqués cinq départs. Deux départs seront régulés à température variable.

<u>Température constante :</u>

- La production d'ECS alimentée par un départ primaire en 70/50°C pour une puissance de 275kW. Ce primaire montera ponctuellement à 80/60°C pour effectuer un choc thermique dans le ballon ECS.
- Alimentation des CTA.
- Réchauffage de l'eau des bassins par un ensemble d'échangeur à plaques avec régulation par vannes deux voies et by-pass associé.

<u>Température régulée :</u>

- Alimentation des radiateurs
- Alimentation des planchers chauffants

La circulation de l'eau dans les différents circuits se fera à l'aide de pompes à débit variable, avec une pompe de secours.

6) Production d'ECS solaire :

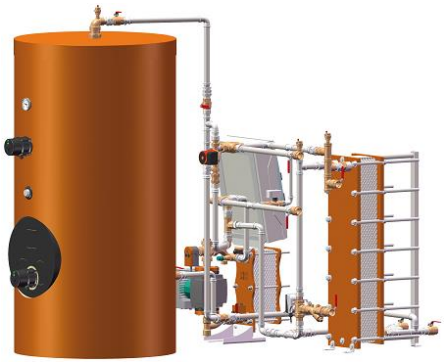
a) Hypothèses de calcul

- Besoins en ECS pendant la pointe de 1,5h : 12000 litres d'eau à 55°C
- D'après le planning de base de l'utilisation de l'ECS dans ce type de bâtiment, le temps pendant lequel il n'y aura pas de puisage (ou très faible) est estimé à 1,5h.

b) Production d'ECS :

La production d'ECS de l'ensemble de la construction (piscine, patinoire et locaux annexes) sera de type solaire avec une production d'appoint semi-instantané, composé d'un échangeur à plaques associé à un réservoir tampon.
Les panneaux solaires seront positionnés sur la toiture terrasse des vestiaires de la piscine.

- Préparateur ECS semi-instantanée :



Composition :

- Echangeur Puissance maxi : 275 kW
- Température d'eau primaire : 70°C
- Débit primaire : 11,8 m^3/h
- Température ECS : 60°C
- Température eau froide : 10°C
- Ballon de stockage : 1000 litres

L'ECS sera stockée à 60°C avec possibilité de monter à 70°C afin d'effectuer des chocs thermiques.
Une vanne trois voies ou mitigeur permettra à l'eau de départ ECS d'atteindre la température de 55°C.
La température minimale de retour bouclage ECS sera conforme à la circulaire de la DGS/SD7A/DCS/DGUHC/DGE/DPPR n° 2007-126 du 3 avril 2007

- Production ECS Solaire :

Une installation de production d'ECS solaire est prévu parallèlement à la production semi-instantanée.

Données :

Capteurs : 5 rangées de 10 capteurs
Surface totale des capteurs : 115 m²
Inclinaison des capteurs : 45°
Hauteur d'implantation au-dessus du sol du R+1 : 1m
Hauteur constante de l'acrotère sur les 4 faces entourant le champ de capteurs
Orientation Sud-Ouest

Stockage : Deux Ballons de 3000 litres chacun

Eau froide : T_{EFS} = 10°C

Contrainte particulière concernant la pose des capteurs :

Il n'y a pas de masque lointain, comme montrerait un digramme solaire sur site, mais il existe un masque proche correspondant à un mur du bâtiment positionné au sud-ouest. Une étude devra montrer les limites d'implantation des capteurs.

PARTIE 1
Conception des installations techniques

Documents de référence à consulter :

- *Extrait du cahier des charges*
- *Schémas de principe*
  - *Réseaux plomberie*
  - *Chaufferie*

Toutes les questions sont indépendantes. Réponses en deux ou trois lignes au maximum.

Production de chaleur :

1) Rechercher l'ensemble des régimes d'eau de production et de distribution de ce projet.
   Ils s'entendent, pour la quasi-totalité des réseaux, pour la température extérieure de base (Hiver /Eté)
   Justifiez les régimes choisis.
   Vous complèterez le tableau fourni dans le document **DR1 page 14/23**.

   Quelle pensez-vous de la température d'eau retour chaudière affichée après le collecteur de retour ?

2) Expliquez le principe de la circulation d'eau chaude en chaufferie, depuis les générateurs jusqu'aux collecteurs départ/retour en incluant le circuit de récupération de chaleur provenant de la production de froid.
   Les générateurs peuvent-ils se retrouver à débit nul ? Y-a-t-il un risque et si oui, lequel ?

3) Le cahier des charges indique le principe de régulation des cinq réseaux de distribution en chaufferie, dont deux sont régulés en fonction de la température extérieure.
   Quel est le rôle des vannes V1, V2, V8 ?
   Quel est le rôle de la V3B et V4B ?

4) La conception de cette chaufferie repose sur deux générateurs. Est-ce l'obligation d'une loi, d'une recommandation ? Une seule, ou voire trois, aurait-il été concevable ?
   Expliquez de façon succincte et claire votre point de vue.

5) Expliquez le mode de raccordement du réseau hydraulique du champ de capteurs solaire proposé sur le schéma de principe ? Développez votre réponse.

Circuit CTA :

6) Le circuit de distribution d'eau froide des batteries des CTA repose sur un régime d'eau bas.
   Que pensez-vous d'un tel choix ici **et** sur les types de pièces desservies (patinoire et piscine) ?

7) La CTA de la piscine présente un échangeur de type rotatif. Que pensez-vous de ce choix pour les conditions climatiques du projet (intérieures et extérieures) ?

8) La régulation des circuits des batteries chaudes et froides se fait grâce à des vannes deux voies. Pourquoi ne pas avoir choisi de sélectionner des vannes trois voies ?

9) La composition des CTA montre une batterie froide disposée avant la batterie chaude ? Pourquoi ce choix ?

10) Zone Vestiaires : une récupération de chaleur pourrait être effectuée sur l'extraction des Chloramines. Pourquoi cette extraction apparait-elle comme nécessaire dans un pareil cas ?

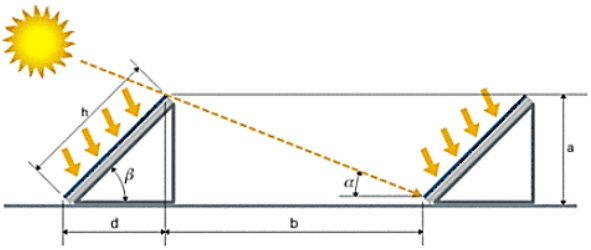
PARTIE 2
Etude de la production d'ECS

Les questions 1), 2) et 3) sont indépendantes

1) Analyse du site de captage solaire :

Les capteurs solaires seront implantés sur le toit du R+1 comme le montre le plan proposé par le BET cf. **document DA5 page 21/23**.
L'étude est placée au **21 décembre** avec une hauteur maximale du soleil dans le ciel donnant un angle de α = 24°
Dimensions des panneaux : *largeur = 1,05m ; longueur de 2,38m, épaisseur de 90mm*

a) En première approche, combien de rangées de capteurs et de capteurs peut-on théoriquement implanter sur la surface utile de la toiture terrasse du R+1 ?
Vous pouvez vous aider du schéma ci-contre accompagné du **document DA5 page 21/23**



b) Le choix du concepteur de l'installation s'est reposé sur 10 rangées de 5 capteurs. Cela est-il cohérent avec le site d'implantation ?

c) Quels paramètres le calcul précèdent (question a) n'a-t-il pas pris en compte ?

d) Côte d'implantation façade Sud-Ouest :

Le mur acrotère orienté **Sud-Ouest** présentera très probablement un risque d'ombrage sur la 1ere rangée de capteur (voir **DA5**).
Vérifiez la valeur de la côte d'implantation de 3,26m indiquées sur la vue en plan et coupe.
Conclusion. Vous vous aiderez de la vue en plan du R+1 ainsi que de la coupe proposée (le mur d'acrotère ayant la même hauteur tout autour du champ de capteur).

2) Vérification du choix du volume de stockage (2 x 3000 litres)

Une étude réalisée avec le logiciel SOLO2018 intégrant tous les paramètres du projet (capteurs, site, implantation, volume des besoins, …) a permis de simuler la réponse de la production des capteurs en faisant varier dans un premier temps le nombre de capteurs de 2,236m² chacun et dans un second temps le volume de stockage. Les résultats sont présentés sur les graphes du document **DA1.**

Que pouvez-vous conclure sur le choix du BET d'ingénierie (cf. CCTP) ? Donnez des arguments afin de justifier votre réponse.

Y-avait-il une possibilité d'optimisation ? Développez-votre réponse.

3) Production d'ECS semi-instantanée :

Si la production semi-instantanée est prévue en appoint du solaire, il convient toutefois de vérifier son comportement dans le cas d'absence solaire :

- La puissance annoncée de l'échangeur est de 275kW (noté ① sur le schéma **document DA4**), puissance disponible en instantanée. En combien de temps le volume total de stockage peut-il être à la température de 60°C (initial à 10°C)
- Quelle serait la puissance appelée en semi-instantanée pendant la pointe estimée à 1,5h.

$$P_{semi\ instantanée} = \frac{(Besoins - V_{stockage})}{T_{pointe}} \times \rho \times C \times (\theta_{stockage} - \theta_{eau\ froide})$$

- Conclure la validité du système semi-instantané sélectionné.

Rappel : Par définition le volume de stockage en semi instantané permet d'écrêter la pointe en faisant appel simultanément à la puissance de l'échangeur.

PARTIE 3
Etude du Traitement de l'air

Les questions 1), 2) et 3) sont indépendantes

1) Etude du point de rosée :

L'ambiance d'un hall piscine est très humide. Le risque de voir la condensation sur les parois est grande. En se plaçant sur une surface vitrée donnant sur l'extérieur ayant un **Uw = 2 W/m²°C**, indiquez si le phénomène est observable ici sur ce vitrage ? Conclusion.

On donne : R_{si} = 0,1 m²°C/W (valeur recalculée du fait du soufflage d'air sur les vitrages)

2) Etude de la CTA Piscine :

Le volume du hall piscine est traité par une CTA avec échangeur récupérateur de chaleur à roue, présentant une efficacité en enthalpie de 75%.
Au-delà du confort des baigneurs (température et hygrométrie) il est nécessaire d'injecter un débit d'air neuf hygiénique compatible avec la loi.

a) Vérification du débit d'air neuf hygiénique à injecter :

Il s'agit ici de comparer les débits d'air neuf hygiéniques obtenus selon deux cas :

- Obligation normative du RSDT
- Selon le principe de déshumidification de l'air par l'injection d'air neuf

$$Qv_{Air\ neuf} = \frac{Qm_{\ evap\ eau} \times v}{(r_{intérieur} - r_{extérieur})} \qquad v : \text{volume spécifique de l'air extérieur}$$

a1) Evaluez la quantité d'air neuf selon le RSDT et le débit d'air neuf de déshumidification en ETE et en HIVER

a2) Expliquez en quoi l'air neuf peut-il servir à la déshumidification de l'air.

Conclure sur les résultats obtenus en a1), et a2) en intégrant l'utilité de l'échangeur récupérateur.

b) Etude du point de soufflage en HIVER :

b1) Le taux de brassage ayant été fixé à 5 vol/h minimum. En intégrant le débit d'air neuf retenu dans la question précédente, quel serait le débit d'air de sélection (soufflage) de la CTA ?

b2) En utilisant des données du bilan thermique HIVER, évaluez la température et l'hygrométrie du point de soufflage.
Les équipements de la CTA sont-ils compatibles (cf. DA4) et suffisants ? Proposez une simulation sur le diagramme fourni **Document DA6 page 22/23**.

Rappels : $Charge_{Sensible} = qm_{AS} \times C_{as} \times (\theta_{AI} - \theta_{AS})$ -- $Charge_{Latente} = qm_{AS} \times Lv \times (r_{AI} - r_{AS}) = M \times Lv$

$Lv_{(\theta)} = 2490 - 2{,}226 \times \theta$ -- $M = qm_{AS} \times (r_{AI} - r_{AS})$

3) Etude de la CTA Patinoire :

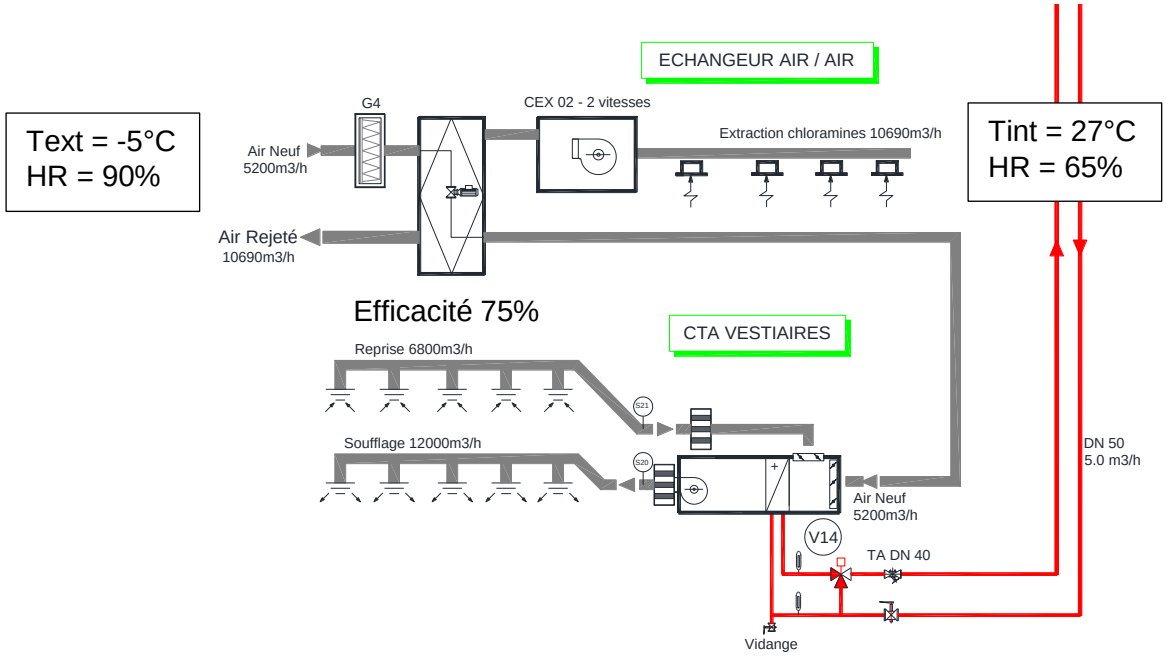
Le hall Patinoire est traité par une CTA de même type que celle de la piscine avec une diffusion par gaine textile. Il s'agit ici d'analyser le cahier des charges, suivant les simulations de calculs à savoir, l'étude « vide », avec une fréquentation moyenne et forte (**cf. CCTP page 3/23**)

En reprenant le bilan de ces charges ETE et HIVER, expliquez en quoi ces simulations sont importantes et quelles sont celles qu'il faudrait retenir pour l'évaluation des puissances de la batterie froide et chaude de cette CTA.
Le débit de soufflage en ETE et en HIVER restera identique pour le raisonnement.

PARTIE 4
Rentabilité de l'Echangeur de chaleur

Il s'agit ici d'étudier la rentabilité de l'échangeur récupérateur de chaleur susceptible d'être mis en place sur l'extraction des Chloramines de l'air des piscines.

On vous demande d'évaluer le gain - ou coût financier évité - avec l'utilisation d'un tel équipement et ainsi de définir le nombre d'années au bout duquel le système deviendra rentable.



L'étude sera menée à partir d'un relevé de la station météo de Blagnac (31). Les informations relatives au climat toulousain sont fournies en **annexe DA2.**

L'histogramme proposé représente l'évolution du nombre d'heures où la température extérieure a pu être observée au cours de l'année 2017.

<u>Autres données</u> :

Chiffrage prévisionnel de l'installation : **35 000€**

Prix de l'énergie évitée : **0,03 €/kWh**

Débit d'air neuf à prendre en compte : **5200 m³/h**
Volume spécifique de l'air = **0,84 m³/kg$_{as}$**

1) A l'aide du tableau fourni en **annexe DR3 page 16/23**, évaluez :

- L'énergie théorique totale récupérable en kWh - $E_{théorique} = Qm \times \Delta h \times T$
- L'énergie totale récupérée en kWh, tenant compte de l'efficacité de l'échangeur
- L'économie réalisée en €

2) En tant que chargé d'affaires, en charge du portefeuille du client, quels arguments pouvez-vous lui prodiguer afin qu'il vous fasse confiance dans cet investissement ? Donnez un temps de retour brut sur investissement (hors crédit et taux d'inflation) ainsi qu'un tableau de rentabilité sur les six premières années.

   <u>Données supplémentaires à prendre en compte :</u>

   - Surcout annuel de consommation énergétique lié au ventilateur évalué à 2200€
   - Coût annuel d'une maintenance (changement filtre, …) évalué à 600€

PARTIE 5
Régulation des systèmes et GTB

Les questions 1), 2) et 3) sont indépendantes

1) **CTA patinoire :** Recherche des points de régulation :

La régulation proposée par le cahier des charges a été représentée partiellement et de façon fonctionnelle dans le **document réponse DR2 page 15/23**. (1er schéma)

En utilisant le **document DR2** :

- Complétez le schéma en rajoutant les éléments de régulation manquants sur le **second schéma**
- Reliez chaque équipement aux lignes AI ; AO, DI, … Indiquez le nombre d'entrées et de sorties analogique et digitales dont vous auriez besoin pour piloter l'installation
- En utilisant le tableau ci-dessous, indiquez la référence du(es) régulateur(s) serai(en)t à sélectionner.

RDT 808, 815, 828 : Régulateur universel et communicant, flexotron800

Votre atout en matière d'efficacité énergétique

Très grande flexibilité en ce qui concerne l'adaptation du régulateur à l'installation correspondante, qui garantit ainsi un fonctionnement extrêmement efficace en énergie. En outre, possibilité de communication via un protocole ouvert avec une couche de gestion pour l'échange de données pour l'exploitation efficace en énergie de l'installation.

Entrées/sorties

Type	Entrées analogiques	Entrées numériques	Entrées universelles	Sorties analogiques	Sorties numériques	Afficheur	RS485	TCP
RDT808F012	2	3	-	1	2	-	•	-
RDT808F212	2	3	-	1	2	•	•	-
RDT815F012	4	4	-	3	4	-	•	-
RDT815F212	4	4	-	3	4	•	•	-
RDT815F022	4	4	-	3	4	-	-	•
RDT815F222	4	4	-	3	4	•	-	•
RDT815F032	4	4	-	3	4	-	•	•
RDT815F232	4	4	-	3	4	•	•	•
RDT828F012	4	8	4	5	7	-	•	-
RDT828F212	4	8	4	5	7	•	•	-
RDT828F022	4	8	4	5	7	-	-	•
RDT828F222	4	8	4	5	7	•	-	•
RDT828F032	4	8	4	5	7	-	•	•
RDT828F232	4	8	4	5	7	•	•	•

- Quel rôle joue la ligne TCP sur le schéma **DR2** ?
- Pour complétez une offre au client plus étoffée en matière de gestion de son bâtiment, listez les autres points d'informations qu'il serait intéressant de ramener à la GTB ?

2) Loi d'eau sur le circuit radiateurs :

Le cahier des charges décrit un mode de fonctionnement glissant de la température de départ d'eau en fonction de la température extérieure.
Déterminez l'équation de cette loi à paramétrer dans le régulateur. A quoi sert cette loi ?

On donne : Consigne de non chauffage = consigne de Température ambiante = 20°C

On rappelle ici que cette loi est de la forme : $T_{eau} = a \times Text + b$

3) Loi d'eau sur la production de chaleur : Pilotage des chaudières

Le cahier des charges décrit un mode de fonctionnement glissant de la température de départ d'eau chaudières en fonction de la température extérieure, sur la base d'un régime d'eau 80/60°C pour -5°C extérieur.

Est-ce que le système de production de chaleur et de récupération permet de maintenir les conditions de fonctionnement des réseaux à température constante (batteries chaudes CTA, Production ECS et chauffage des bassins) toute la saison ? Expliquez.

Donnez la loi d'eau, en équation et en format graphique sans échelle mais avec des valeurs, qui correspondrait au mode de fonctionnement des générateurs ?

Le choix de générateurs à condensation est-il judicieux ?

Document Réponse DR1

Partie 1 – Question 1) Régimes d'eau

Désignation	Régime d'eau	Justification
Production de chaleur en chaufferie		
Distribution d'eau chaude en chaufferie		
Réseau Eau Chaude Batteries CTA		
Réseau ECS		
Réseau radiateur		
Réseau Plancher chauffant		
Réseau Eau Chaude : récupération de chaleur des condenseurs vers chaufferie		

Désignation : Patinoire	Régime d'eau	Justification
Distribution Eau Glacée réseau CTA		
Distribution réseau Eau Glycolée patinoire		
Régime d'Eau Glycolée évaporateur		
Régime d'EC condenseur		

Eau Chaude Sanitaire	Temp en °C	Justification
Stockage ECS		
Distribution réseau EC Piscine		
Température minimale de bouclage ECS		

Document réponse DR2

Partie 5 – Question 1) Recherche des points de régulation

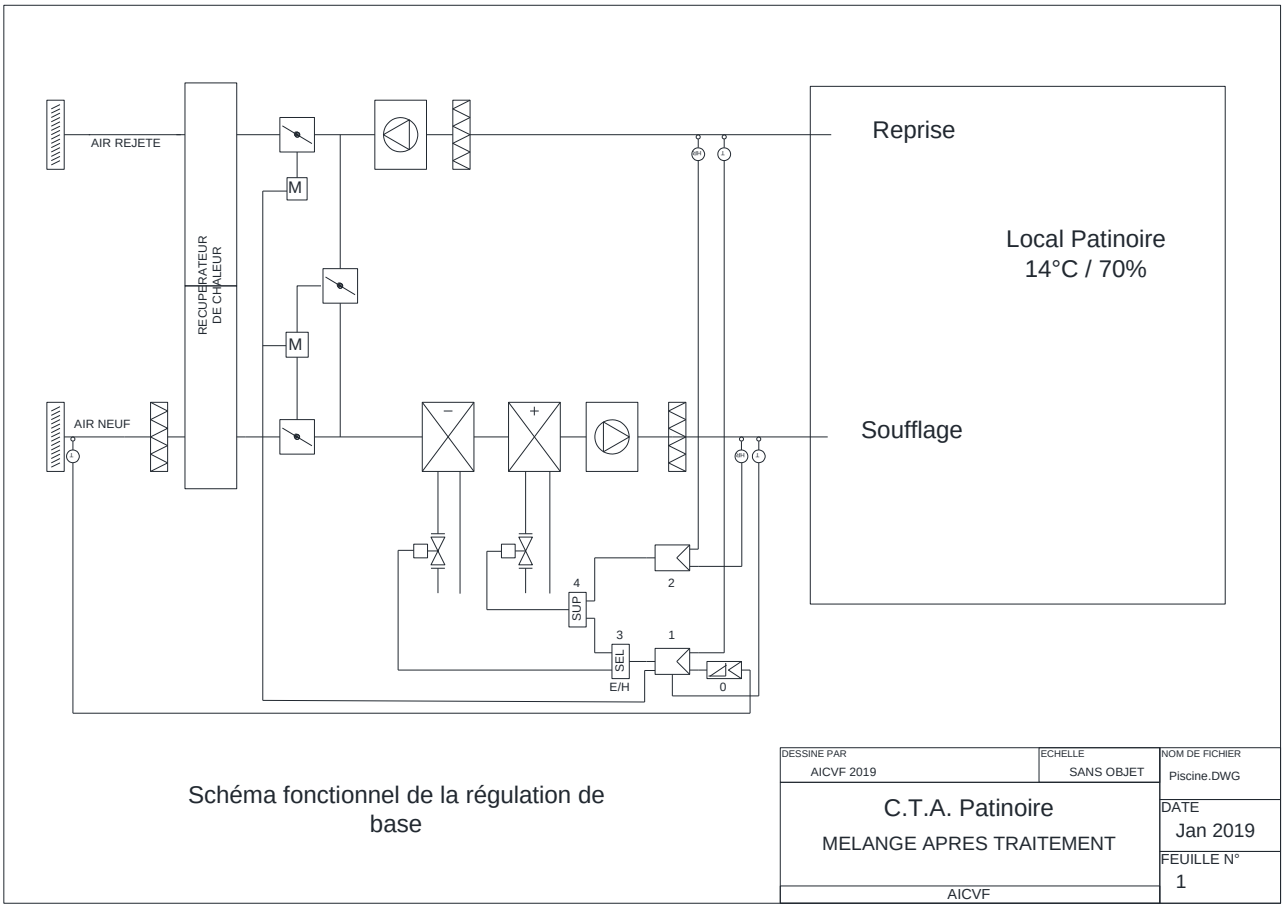
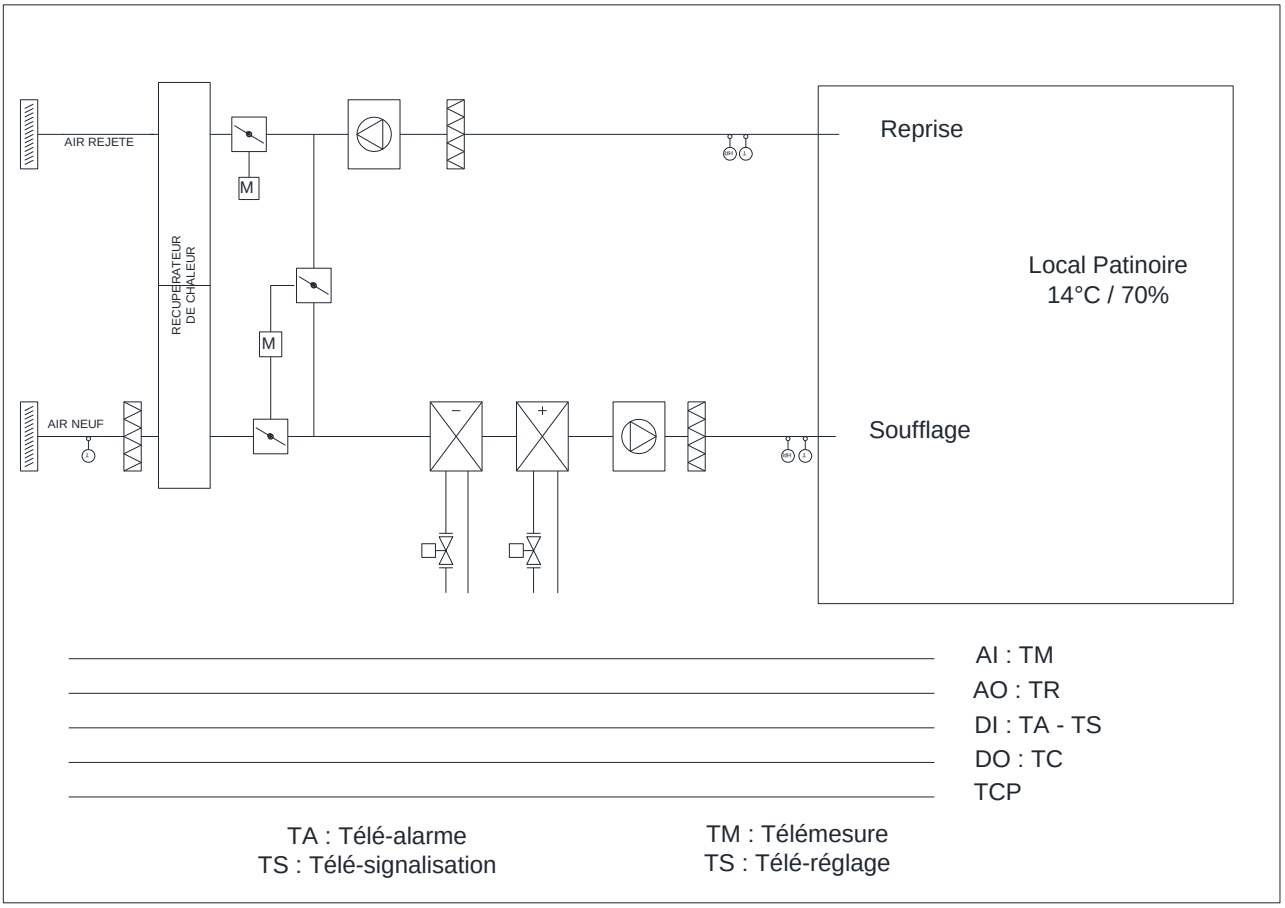


Schéma fonctionnel de la régulation de base



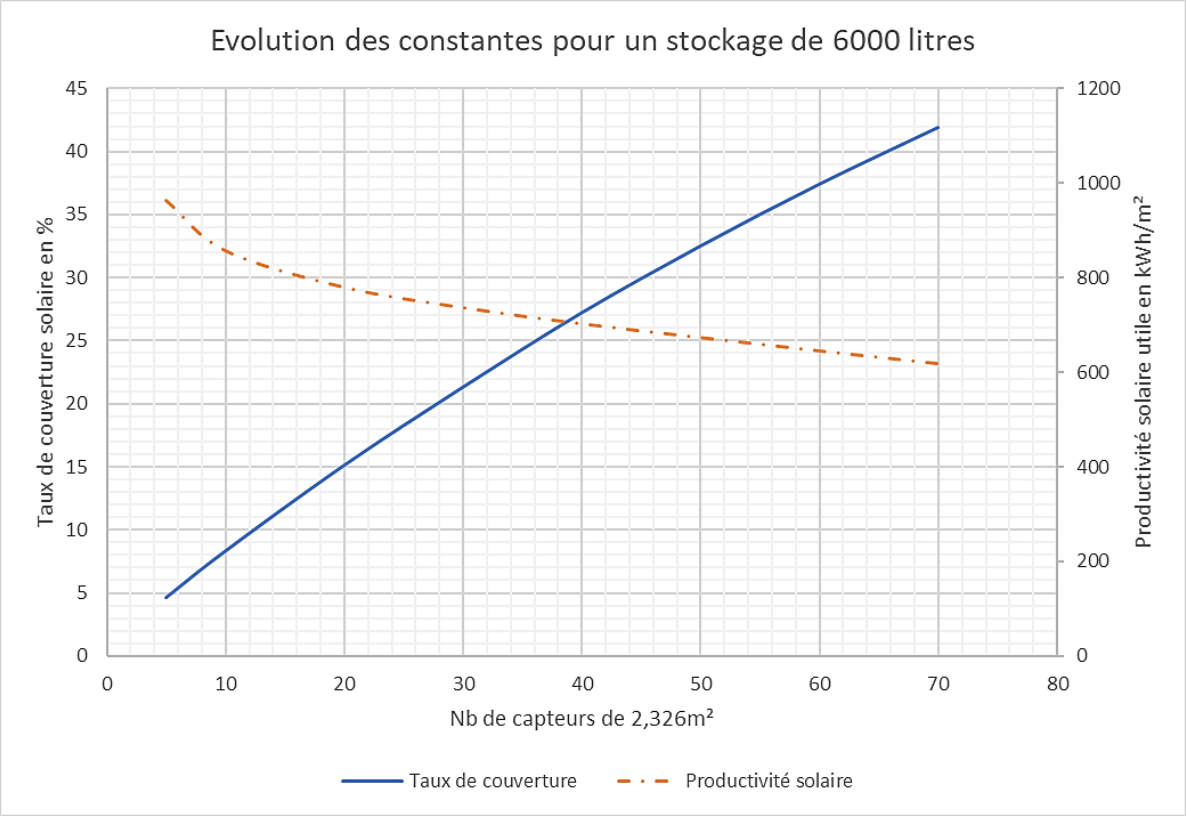
Document Réponse DR3

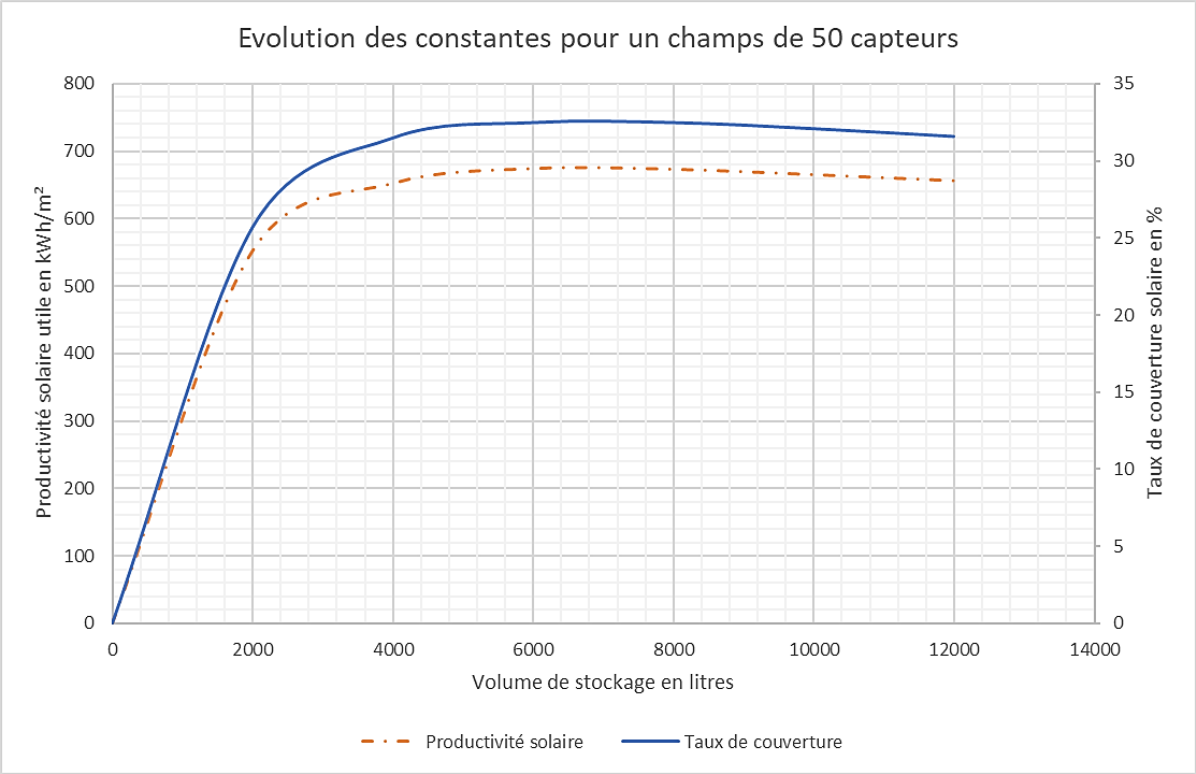
Partie 4 – Question 1) Economies réalisées

Station Blagnac	*Text*	*-7°C*	*-6°C*	*-5°C*	*-4°C*	*-3°C*	*-2°C*	*-1°C*	*0°C*	*1°C*	*2°C*	*3°C*	*4°C*	*5°C*	*6°C*	*7°C*	*8°C*	*9°C*
	Nb heures	6	18	17	13	32	52	88	135	144	207	206	226	288	326	321	356	369
Enthalpie AI (local)	kJ/kgas	**64,5**																
Enthalpie AN	kJ/kgas	*-2,4*	*-1*	*0,4*	*1,8*	*3,2*	*4,6*	*6,1*	*7,6*	*9,1*	*10,5*	*12*	*13,5*	*15*	*16,6*	*18,1*	*19,7*	*21,3*
Δh	kJ/kgas	66,9	65,5	64,1	62,7	61,3	59,9	58,4	56,9	55,4	54	52,5	51	49,5	47,9	46,4	44,8	43,2
Energie théorique	kWh	690	2027	1874	1402	3373	5356	6628	13209									
Energie récupérée	kWh																	
Economie	€																	

Station Blagnac	Text	*10°C*	*11°C*	*12°C*	*13°C*	*14°C*	*15°C*	*16°C*	*17°C*	*18°C*	*19°C*	*20°C*	*21°C*	*22°C*	*23°C*	*24°C*	*25°C*	*26°C*
	Nb heures																	
Enthalpie AI (local)	kJ/kgas	**64,5**																
Enthalpie AN	kJ/kgas	*22,9*	*24,5*	*26,2*	*27,8*	*29,5*	*31,2*	*32,9*	*34,6*	*36,3*	*38,1*	*39,8*	*41,6*	*43,3*	*45,1*	*46,8*	*48,6*	*50,3*
Δh	kJ/kgas	41,6	40	38,3	36,7	35	33,3	31,6	29,9	28,2	26,4	24,7	22,9	21,2	19,4	17,7	15,9	14,2
Energie théorique	kWh																	
Energie récupérée	kWh																	
Economie	€																	

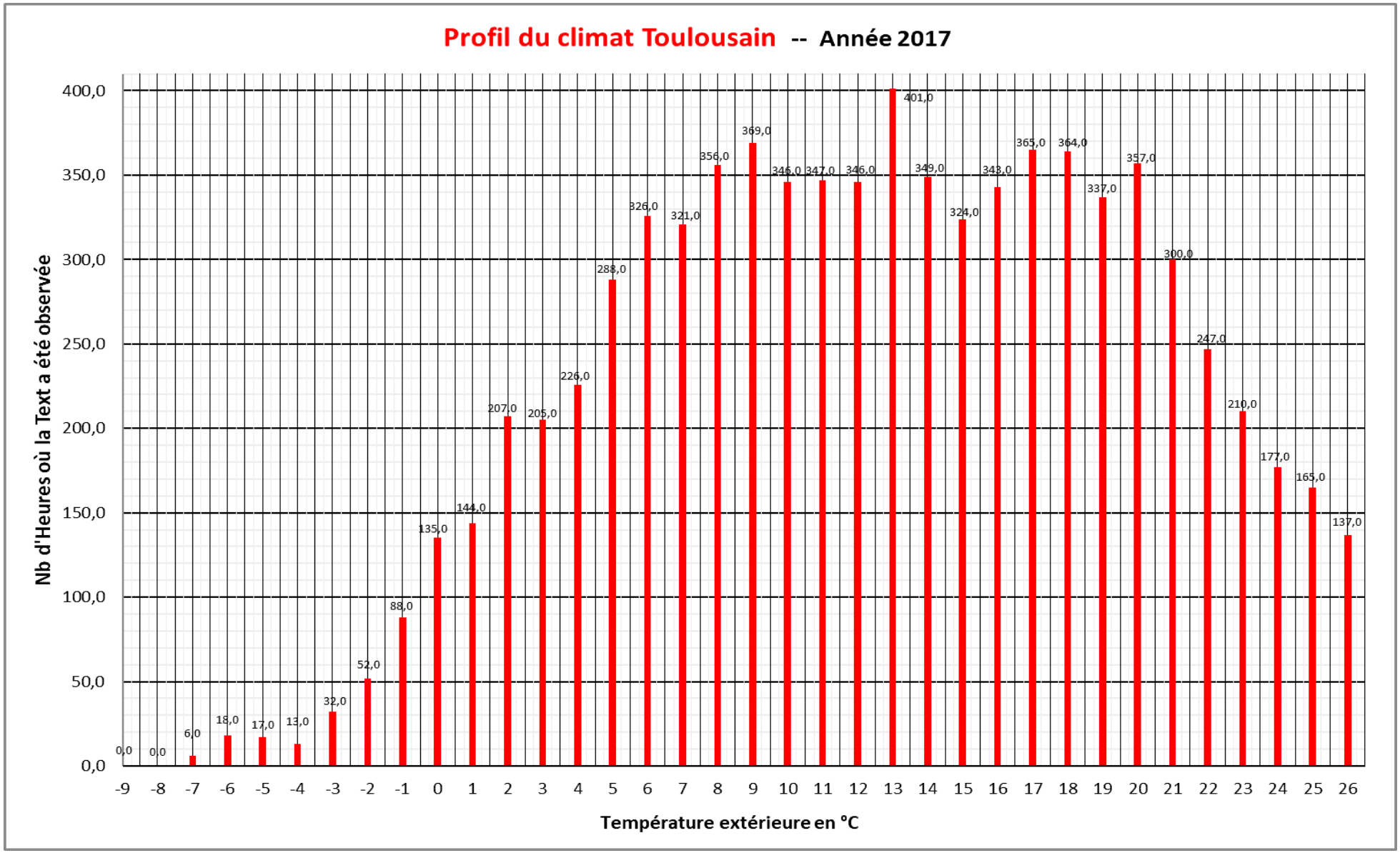
Partie 2 – Question 2) Vérification du choix du volume de stockage





Annexe DA2

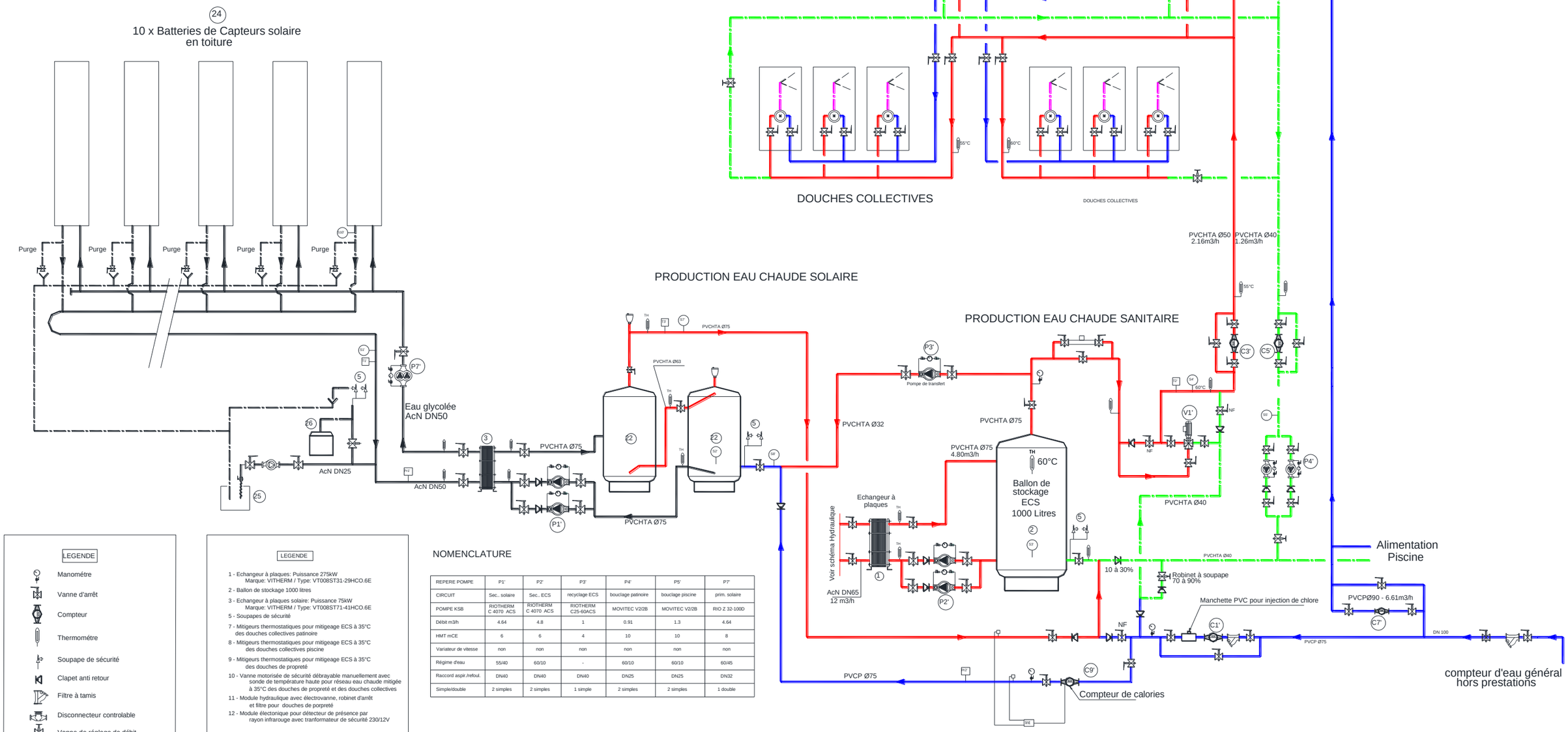
Partie 4 – Question 1) Profil du Climat



Annexe DA3 : Schéma de Principe - Réseau Plomberie

ZONE SOLAIRE

ZONE PATINOIRE



LEGENDE

- Manomètre
- Vanne d'arrêt
- Compteur
- Thermomètre
- Soupape de sécurité
- Clapet anti retour
- Filtre à tamis
- Disconnecteur controlable
- Vanne de réglage de débit
- Détendeur régulateur de pression
- Vanne TA
- Sonde
- TH Thermostat

LEGENDE

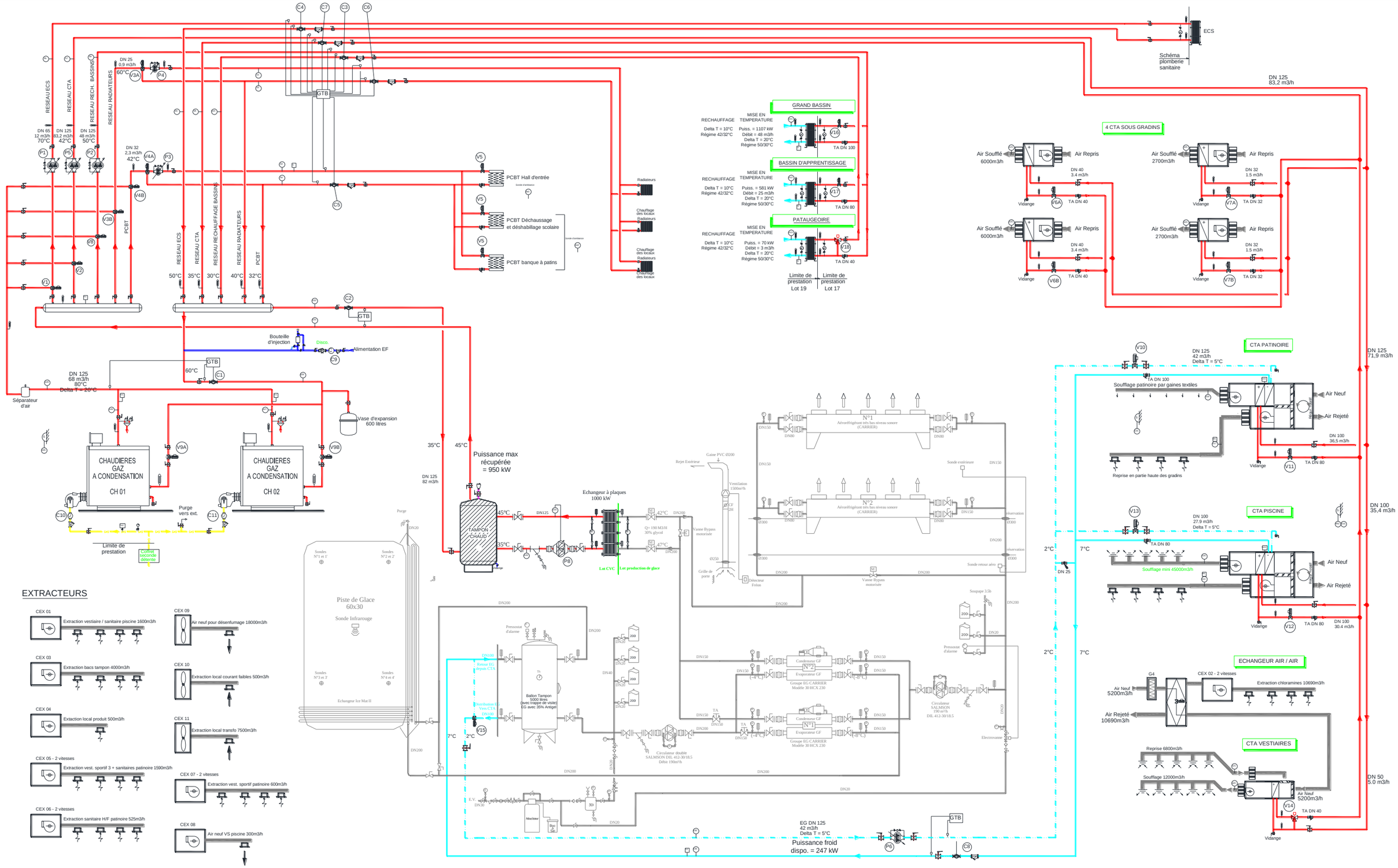
1 - Echangeur à plaques: Puissance 275kW
Marque: VITHERM / Type: VT008ST31-29HCO.6E
2 - Ballon de stockage 1000 litres
3 - Echangeur à plaques solaire: Puissance 75kW
Marque: VITHERM / Type: VT008ST71-41HCO.6E
5 - Soupapes de sécurité
7 - Mitigeurs thermostatiques pour mitigeage ECS à 35°C
des douches collectives patinoire
8 - Mitigeurs thermostatiques pour mitigeage ECS à 35°C
des douches collectives piscine
9 - Mitigeurs thermostatiques pour mitigeage ECS à 35°C
des douches de propreté
10 - Vanne motorisée de sécurité débrayable manuellement avec
sonde de température haute pour réseau eau chaude mitigée
à 35°C des douches de propreté et des douches collectives
11 - Module hydraulique avec électrovanne, robinet d'arrêt
et filtre pour douches de porpreté
12 - Module électonique pour détecteur de présence par
rayon infrarouge avec tranformateur de sécurité 230/12V

22 - Ballon de stockage eau chaude solaire : 3000 litres
23 - Module hydraulique et transfert pour eau chaude solaire
24 - Panneaux solaires en terrasse
25 - Bac de remplissage
26 - Vase d'expansion 400 litres

NOMENCLATURE

REPERE POMPE	P1'	P2'	P3'	P4'	P5'	P7'
CIRCUIT	Sec.. solaire	Sec.. ECS	recyclage ECS	bouclage patinoire	bouclage piscine	prim. solaire
POMPE KSB	RIOTHERM C 4070 ACS	RIOTHERM C 4070 ACS	RIOTHERM C25-60ACS	MOVITEC V2/2B	MOVITEC V2/2B	RIO Z 32-100D
Débit m3/h	4.64	4.8	1	0.91	1.3	4.64
HMT mCE	6	6	4	10	10	8
Variateur de vitesse	non	non	non	non	non	non
Régime d'eau	55/40	60/10	-	60/10	60/10	60/45
Raccord aspir./refoul.	DN40	DN40	DN40	DN25	DN25	DN32
Simple/double	2 simples	2 simples	1 simple	2 simples	2 simples	1 double

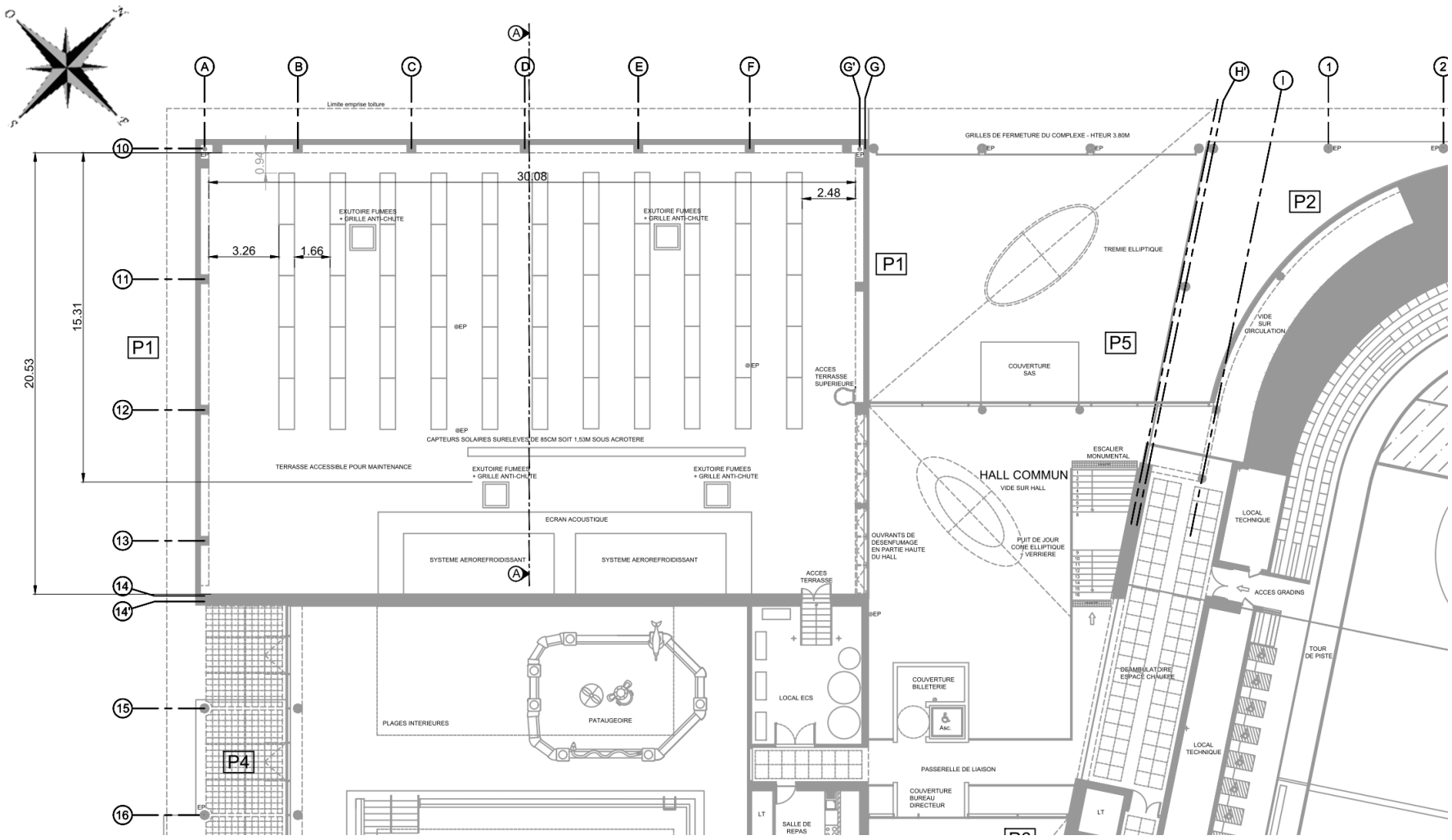
Annexe DA4 : Schéma de Principe - Chaufferie



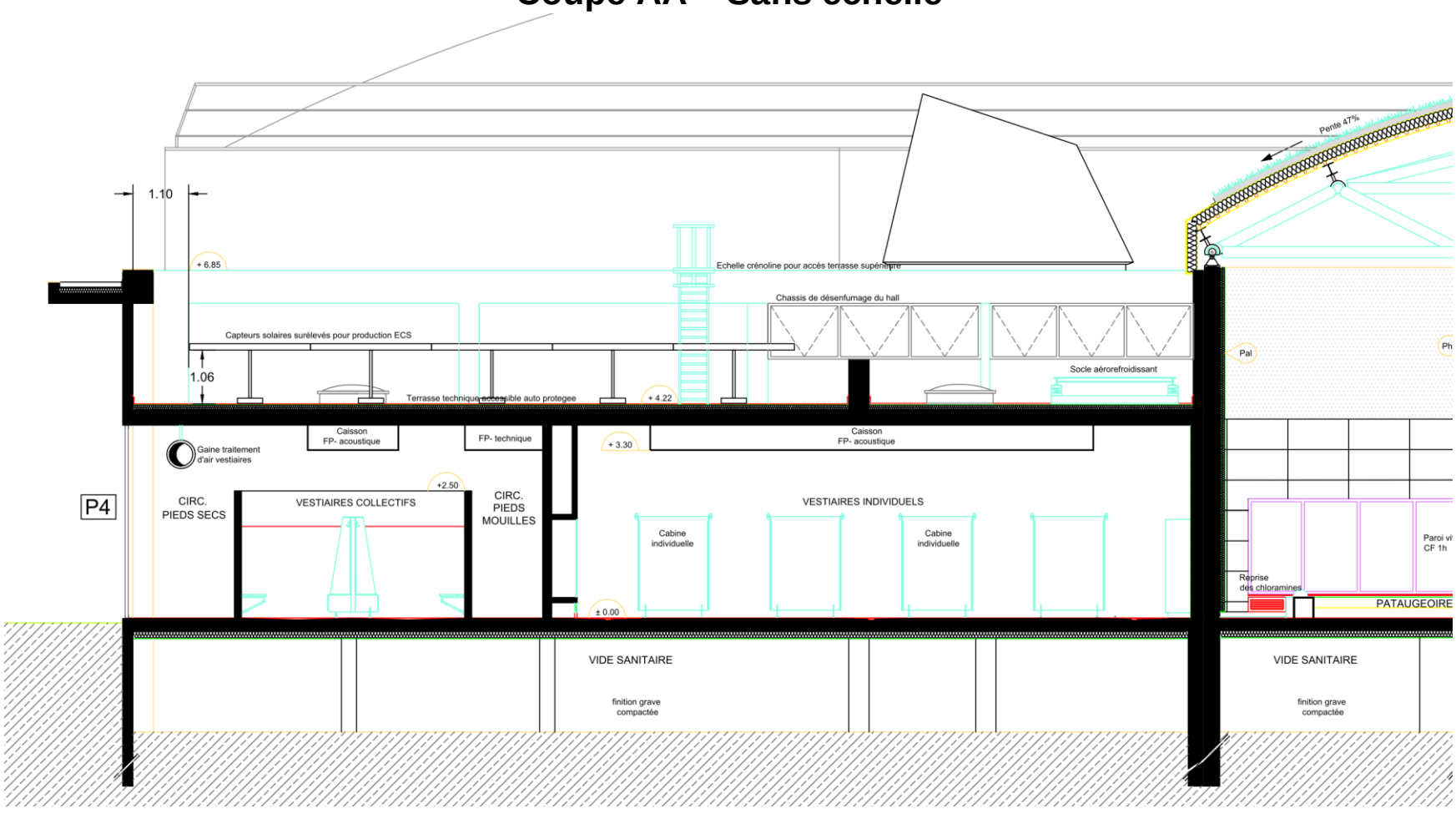
Construction d'un complexe sportif Piscine et Patinoire		
PRIX JEUNES AICVF BAC+2 / BAC +3	Durée : 4 heures	Page : 20/23

Annexe DA5 : Implantation des capteurs solaires – R+1

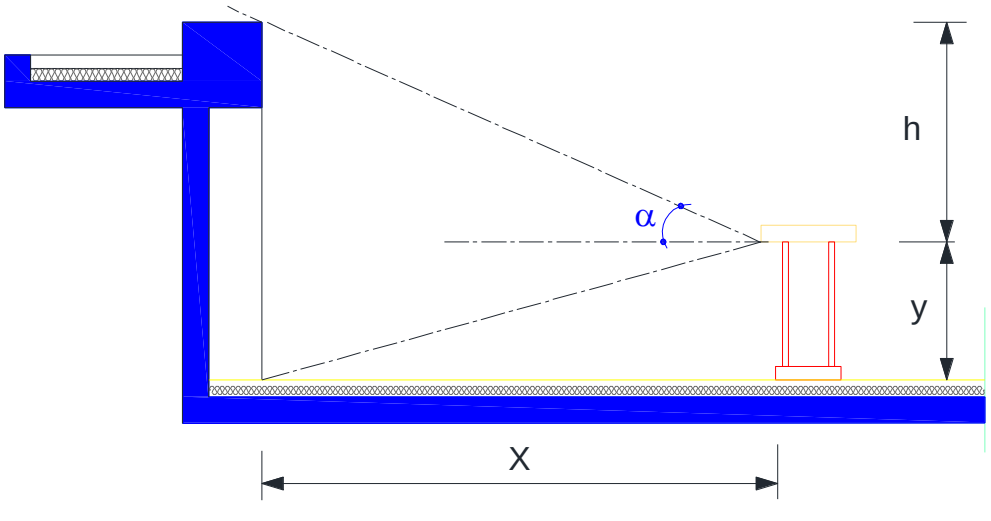
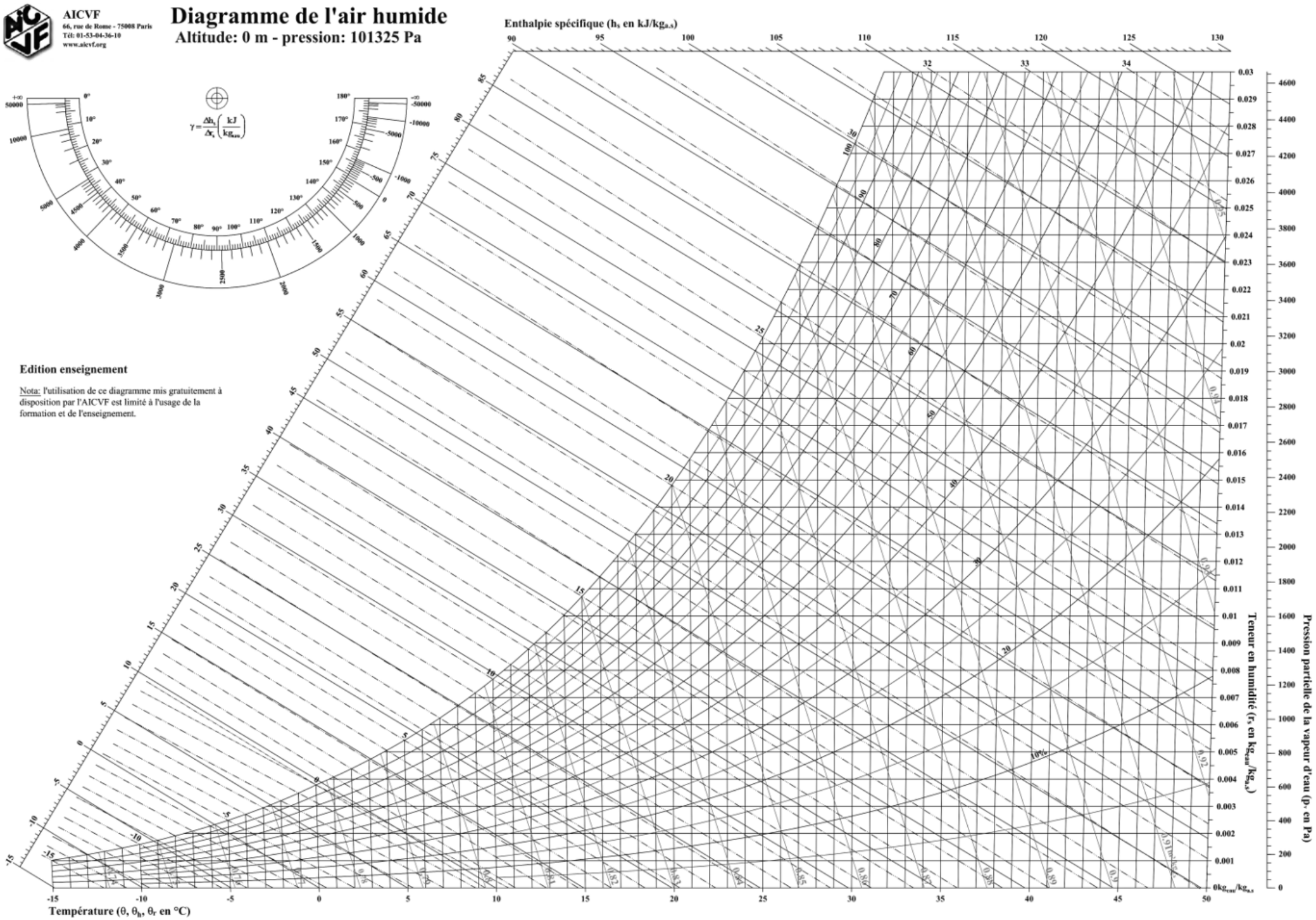
Vue en plan R+1 – Sans Echelle



Coupe AA – Sans échelle



Schématisation de l'implantation de la 1ère rangée de capteurs



Annexe DA6 : Diagramme Psychrométrique AICVF