



ASSOCIATION DES INGÉNIEURS
ET TECHNICIENS EN
CLIMATIQUE, VENTILATION ET FROID



PRIX AICVF GRDF JEUNES

BAC+2 / BAC+3

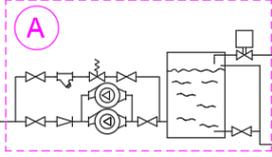
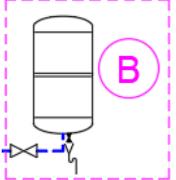
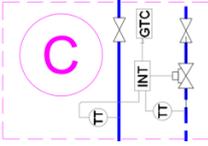
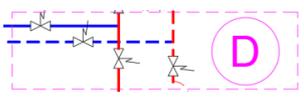
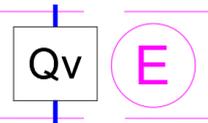
ELEMENTS DE CORRECTION - SESSION 2021



PARTIE 1 ETUDE TECHNOLOGIQUE

Question 1 Hydraulique

a) Donner le nom et la fonction des éléments repérés A à F.

| Rep | Nom | Fonction |
|---|--------------------------------|---|
|  | Groupe de maintien de pression | Fonction de sécurité, il permet de maintenir la pression dans le réseau de chauffage à la consigne désirée. |
|  | Vase d'expansion | Fonction de sécurité, il permet de limiter les variations de pression dans le réseau frigorifique |
|  | Compteur d'énergie | Permet de comptabiliser l'énergie thermique utilisée sur le réseau CTA/VCO pour suivi et conduite d'installation sur GTC |
|  | Change over | Ensemble d'électrovannes permettant de commuter l'alimentation eau chaude / eau froide des planchers les faisant passer de "plancher chauffant" à "plancher rafraichissant" |
|  | Débitstat | Élément de sécurité qui interdit le démarrage du groupe de production d'eau glacée lorsque le débit est trop faible |

b) Expliquer le principe de fonctionnement de l'élément A.

Quand le fluide chauffe il se dilate et la pression augmente dans le réseau. Si elle devient supérieure à la consigne paramétrée, une vanne différentielle de pression s'ouvre pour évacuer une partie du volume d'eau vers la bêche tampon qui est à pression atmosphérique, faisant ainsi diminuer la pression dans le réseau.

A l'inverse quand le fluide refroidit, il se contracte et la pression diminue et devient inférieure à la consigne paramétrée, la ou les pompe(s) de remplissage se met(tent) en marche pour injecter de l'eau dans le réseau et faire augmenter la pression.

c) Pourquoi le choix de l'élément A sur le chaud et du B sur le froid.

Le volume d'eau dilaté sur le réseau chauffage sont beaucoup plus importantes que sur le réseau froid. En effet la température moyenne d'eau glacée peut passer de 20°C à 9.5 °C soit environ 10 °C seulement de variation. Par contre la température moyenne du réseau d'eau de chauffage peut varier de 20°C à 40°C soit le double de l'eau glacée. Il faudrait donc mettre un nombre important de vase d'expansion pour maintenir la pression dans le réseau de chauffage et assurer la sécurité de l'installation. L'investissement dans un groupe de maintien de pression peut être pertinent.

Question 2 Etude technologique de la chaudière

a) Justifier le choix technologique de la production de chaleur. Vous commenterez chacun des termes en gras : chaudière à **condensation** à **bruleur modulant low NOx**.

Condensation :

La chaudière dispose d'un échangeur permettant de condenser la vapeur d'eau produite par la combustion contenue dans les fumées. On récupère ainsi de l'énergie latente, on augmente l'énergie totale transmise au fluide et donc les rendements sur PCI de la chaudière, qui peuvent être ainsi supérieur à 100%.

Bruleur modulant :

Le bruleur modulant permet d'ajuster la puissance de la chaudière à l'aide d'un régulateur électronique qui va faire varier proportionnellement le débit du combustible par une vanne modulante gaz et l'air comburant arrivant à la tête de combustion du brûleur par un volet d'air motorisé.

Rq : Le seuil minimum de modulation est de l'ordre de 20% de la puissance maximale

Low Nox :

Lors de la combustion, l'azote N₂ contenu dans l'air comburant, (qui normalement est évacuée tel que dans les fumées) peut sous certaines conditions (ex : température élevée, excès d'air important, etc...), se combiner avec l'oxygène pour former des NOx.

Or les NOx sont toxiques pour la santé, ils contribuent à la formation d'ozone, de smog et de pluies acides. Ils font également partie des gaz à effet de serre.

Leur émission doit donc être réduite au minimum d'où l'intérêt d'avoir des bruleur Low (faible) Nox.

b) Le régime de température vous semble t'il adapté, justifier

On a un régime de température 45/35°C, c'est un régime de température bas qui permet aux fumées d'être en contact avec des un corps de chauffe suffisamment froid pour faire condenser la vapeur d'eau et ainsi récupérer davantage d'énergie issue de la combustion. Ce régime permet donc de profiter au maximum de la condensation de la vapeur d'eau dans les fumées.

c) Pourquoi met-on en place une bouteille tampon sur l'alimentation en gaz de la chaudière (voir DT1) ?

La bouteille tampon gaz est utilisés pour limiter les effets de "dépressions" (lors de l'ouverture) ou de "surpressions" (lors de la fermeture) de l'électrovanne de commande d'un brûleur. Elle permet donc d'éviter les déclenchements intempestifs de la sécurité des détendeurs, ou bien des mises en sécurité des pressostats mini ou maxi du brûleur.

d) Enoncer 3 obligations à respecter pour que la chaufferie soit réglementaire.

On peut citer parmi d'autres :

- ✓ La présence d'une ventilation haute et basse,
- ✓ La présence d'un extincteur
- ✓ Les parois doivent être composées de matériaux incombustibles
- ✓ Présence d'organe de coupure générale / à l'entrée de la chaufferie
- ✓ Emplacement hauteur et matériau constituant le conduits d'évacuation des fumées
- ✓ Rendement minimum des générateurs
- ✓ Equipement de sécurité des générateurs (soupape, thermostat,...)
- ✓ Etc...

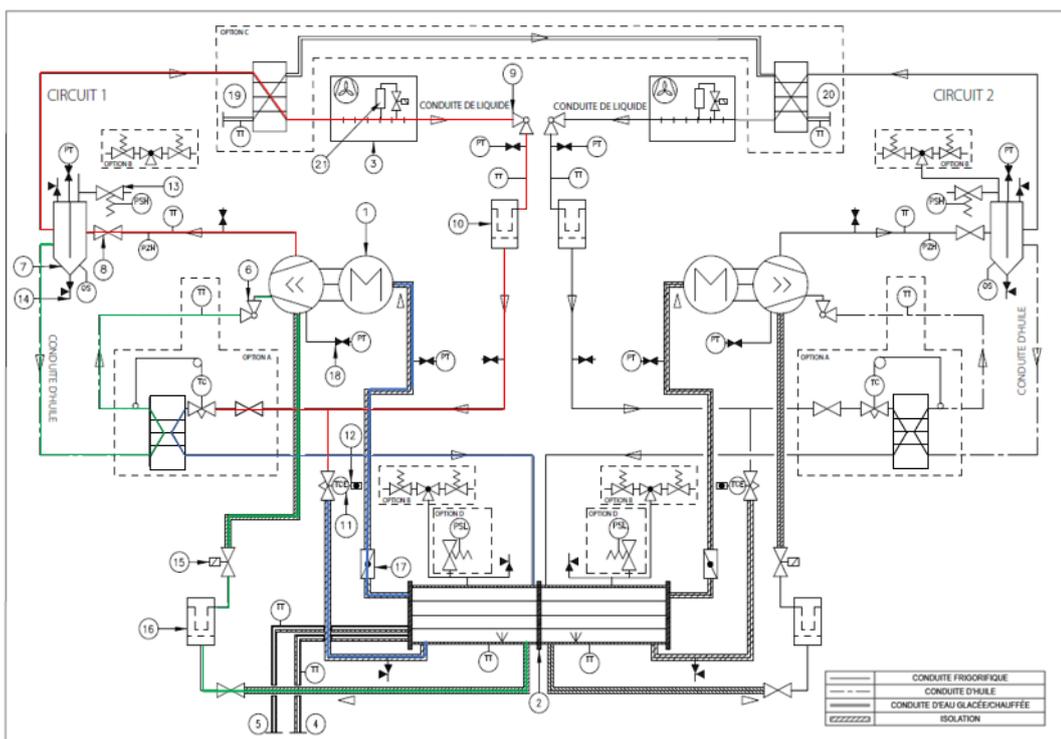
Question 3 Etude technologique de la production d'eau glacée

A partir du schéma de principe du groupe de production d'eau glacée (DR2), répondre aux questions ci-dessous

a) Compléter la nomenclature du schéma de principe.

| Rep | Désignation | Repère | Désignation |
|-----|---|----------|------------------------------------|
| 1 | Compresseur à vis | 18 | Vanne Schraeder |
| 5 | Raccordement de sortie d'eau de l'évaporateur | PT | transducteur de pression |
| 7 | Séparateur d'huile | PSL | Soupape de sécurité basse pression |
| 11 | Détendeur électronique | TC | Détendeur |
| 15 | Électrovanne de ligne d'huile | Option C | Récupération de chaleur |

b) Surligner en rouge les canalisations HP, en bleu les BP et en vert les canalisations d'huile.



- c) Expliquer ce qu'apporte l'option C et dans quel(s) cas celle-ci peut être utile. Présente-t-elle un intérêt pour l'installation du conservatoire ?

L'option C permet la récupération de chaleur pour produire de l'eau chaude de chauffage ou de l'eau chaude sanitaire (au moins du préchauffage).

Pour le conservatoire, il n'y a pas de besoin simultané d'eau chaude chauffage et d'eau glacée. Ce n'est donc pas pertinent. D'autre part les besoins en ECS ne sont certainement pas suffisants pour investir dans cette option et obtenir un temps de retour sur investissement intéressant.

- d) Expliquer le fonctionnement de l'option free cooling présentée dans le DT5. Présente-t-elle un intérêt pour l'installation du conservatoire ?

L'option free cooling présentée dans le DT5 permet de refroidir le réseau d'eau glacée dans un échangeur par un réseau d'eau glycolée refroidi par l'air extérieur à l'aide d'un aéroréfrigérant. L'échangeur est placé en série avant l'évaporateur du groupe de production d'eau glacée. Une vanne manuelle permet de le bypasser. Le réseau d'eau glacée serait ainsi refroidi « gratuitement » si on ne prend pas en compte la consommation de la pompe et des ventilateurs de l'aéroréfrigérant.

Cette option serait pertinente dans le cas de besoin de production d'eau glacée important pour des températures extérieures inférieures à 20°C. Ce n'est à priori pas le cas du conservatoire.

PARTIE 2 ETUDE DE LA PRODUCTION DE CHALEUR

Question 1 Calcul du débit de gaz dans les CNTP

- a) D'après les besoins calorifiques et les règles de dimensionnement de la chaufferie, déterminer la puissance des chaudières à installer.

Besoins de puissance en chaud : 423 kW

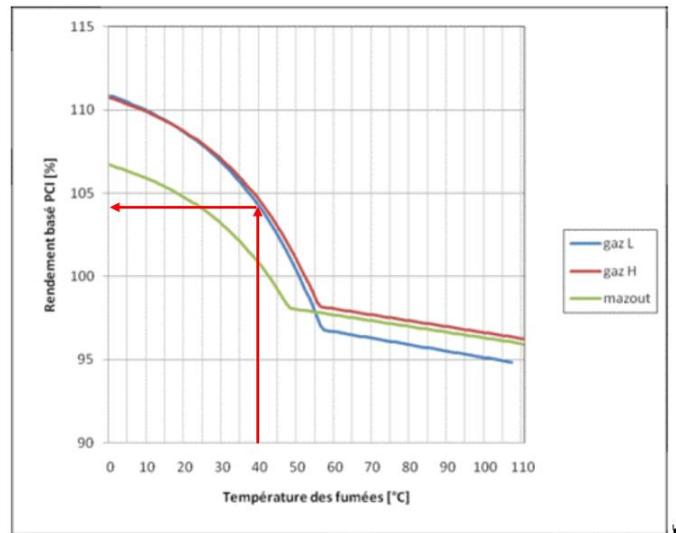
Chaque chaudière est dimensionnée pour couvrir les 2/3 des besoins en "chaud".
Chaque chaudière doit donc avoir une puissance minimale de $423 \times \frac{2}{3} = 282$ kW.

- b) Justifier le choix d'une pression d'alimentation des brûleurs de 300mbar.

Pour de telle puissance de chaudière le débit de gaz à fournir est élevé. Si l'on opte pour une pression d'alimentation basse (18 mbar), pour fournir le débit correct il faudrait de très grosse canalisation. En augmentant la pression, on diminue le diamètre des canalisations.

- c) D'après le DT3, en faisant l'hypothèse que la température des fumées est supérieure de 5°C à celle du retour de l'eau, déterminer le rendement théorique de la chaudière.

La température de retour chaudière est de 35°C . On suppose donc que la température des fumées est de 40°C. D'après l'abaque du DT3, pour du gaz naturel, on a un rendement théorique de 104%



- d) Calculer le débit de gaz dans les conditions normales de température et de pression.

On veut $P_{ch} = 282$ kW soit $P_{br} = P_{ch} \times \frac{PCI}{\eta} = 282 / 1,045 = 270$ kW

On a $P_{br} \times PCI = q_{V_{CNTP}} \times PCI$ d'où $q_{V_{CNTP}} = P_{br} / PCI = 270 / 10,2 = 26,46$ (n)m³/h

- e) Après réglage du débit de gaz et paramétrage des chaudières, on relève au compteur, à pleine puissance, un volume de gaz consommé de 0,74 m³ en 2 minutes. Le débit réglé vous paraît-il correct ? Justifier.

On connaît le débit souhaité dans les CNTP, calculons le débit réel souhaité :

On a
$$q_{V \text{ réel souhaité}} = q_{V_{CNTP}} \times \frac{P_{CNTP}}{P_{réelle}} \times \frac{T_{réelle}}{T_{CNTP}}$$

Avec :

$P_{CNTP} = 101300$ Pa

$T_{CNTP} = 273$ K

$P_{exp} = P_{atm} + P_{gaz \text{ lue au manomètre}}$

$T_{réelle} = T_{chaufferie}$ en K

Le conservatoire est situé à Montpellier donc au niveau de la mer, la P_{atm} à prendre en compte est de 1013 mbar

| | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| Aliture > Niv. mer [m] | 0 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 | 1100 | 1200 | 1300 |
| P_{atmo} [mbar] | 1013 | 1001 | 990 | 978 | 966 | 955 | 943 | 932 | 921 | 910 | 899 | 888 | 877 | 866 |

On a donc $P_{exp} = P_{atm} + P_{gaz}$ lue au manomètre = 1013+300=1313 mBar = 131300 Pa

Et $T_{exp} = T_{chaufferie}$ (en K) = 14 +273 = 287K

D'où : $C = \frac{131300}{101300} \times \frac{273}{287} = 1,233$

Le débit réel souhaité est donc de $qv_{réel\ souhaité} = 26,46 \times \frac{101300}{131300} \times \frac{287}{273} = 21,46 \text{ m}^3/h$

Le débit réel réglé est de : $qv_{réel\ réglé} = \frac{V}{t} = \frac{0,74}{2 \times 30} = 22,2 \text{ m}^3/h$

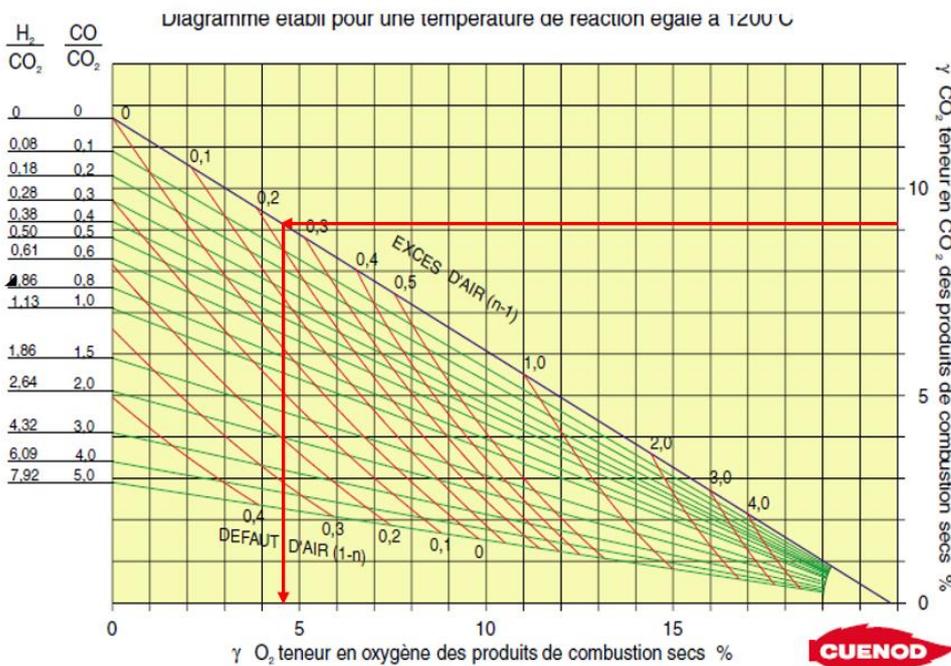
Le débit réglé est donc correct.

Question 2 Analyse de combustion

Après mise en service de la chaudière on relève en faisant une analyse de combustion sur les fumées 9,1% de CO_2 et 10ppm de CO. Placer le point caractéristique de la combustion sur le diagramme d'Oswald (DR3) et conclure quant à la qualité de la combustion et au réglage de la chaudière.

On a 10 ppm ce qui correspond à 0,001% de CO soit $CO/CO_2 = 0,001/9,1 = 0,00011$. On est donc quasiment sur la droite de Grebel. D'où la position du point caractéristique de la combustion.

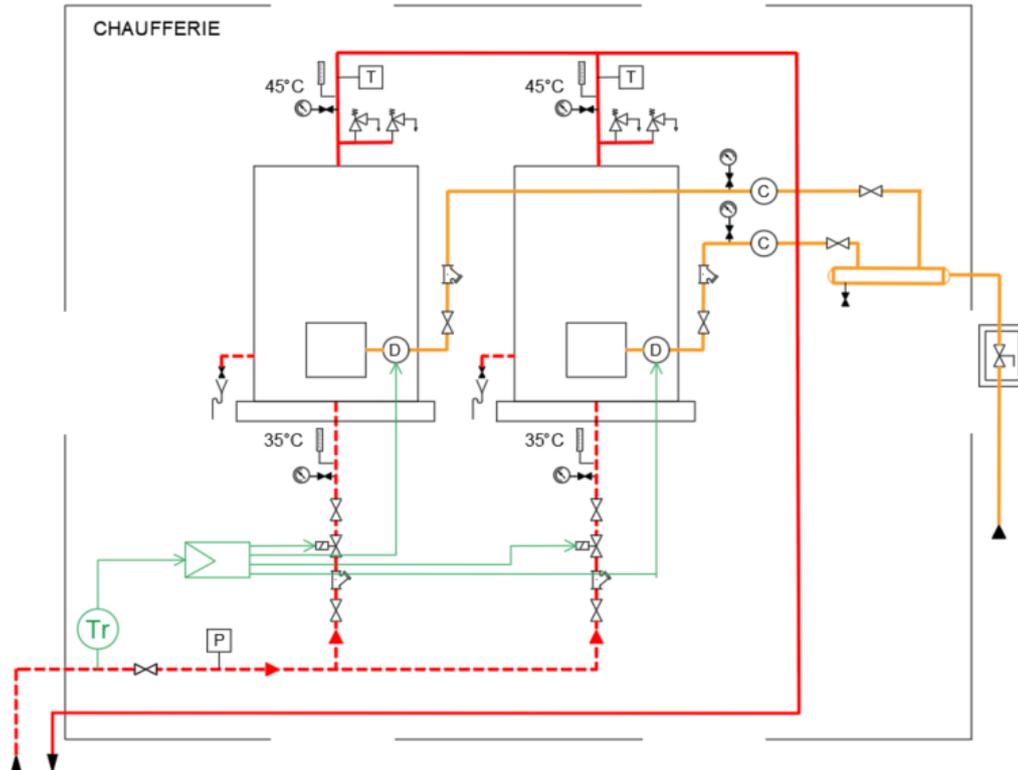
La qualité de la combustion est donc excellente et le réglage de la chaudière est conforme.



| | |
|----------------------|---------------------------|
| CHAUDIERE | CH ₁ |
| % de CO ₂ | 9,1 |
| % de O ₂ | 4,6 |
| % CO | 0,001 |
| Facteur d'air | 1,25 |
| Type de combustion | Complète avec excès d'air |

Question 3 Etude de la régulation

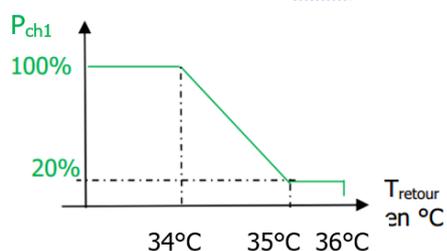
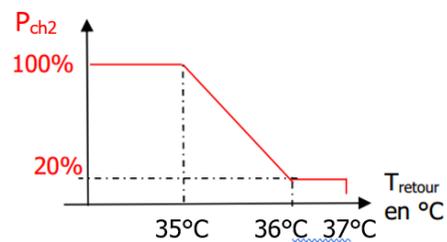
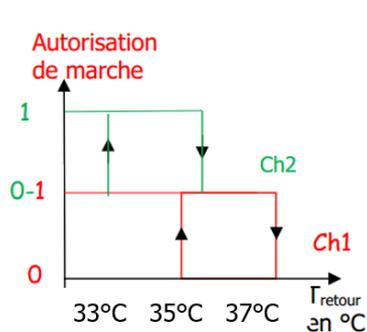
- a) Sur le DR01 partie 1, mettre en place les éléments de la régulation (capteur, régulateur, actionneur) qui vont permettre d'assurer :
- la régulation de la cascade de chaudières.
 - La régulation de la puissance de la chaudière.



L'autorisation de marche des 2 chaudières se fera en fonction de la température retour

Les V2V TOR motorisées, situées sur chaque circuit chaudière, n'autoriseront pas la circulation dans leur circuit si la chaudière n'est pas en fonctionnement.

- b) Proposer un graphe de régulation de la production de chaleur.



Question 1 Réglementations et choix

a) Que veulent dire les acronymes GWP, PRG et TEWI ? Expliquer.

GWP : Global Warming Potential ($\text{kg}_{\text{eq}} \text{CO}_2$)

PRG : Pouvoir de Réchauffement Global ($\text{kg}_{\text{eq}} \text{CO}_2$)

TEWI : Total Equivalent Warming Impact ($\text{kg}_{\text{eq}} \text{CO}_2$)

GWP et PRG correspondent au même indice qui caractérise l'action d'un composé chimique sur l'effet de serre. La molécule de référence est le CO_2 qui a un GWP = 1 pour des durées bien déterminées généralement 100 ans. Plus cet indice est élevé plus le composé est néfaste.

Le TEWI est un indice qui caractérise l'impact global d'une installation sur le réchauffement planétaire durant sa vie opérationnelle. Cet indice comprend l'effet direct dû aux émissions par fuites dans les installations et l'effet indirect provenant des émissions de CO_2 dues à la consommation d'énergie requise pour faire fonctionner l'installation. Le TEWI s'exprime en Kg de CO_2 .

b) A l'aide du **DT4** et **DR5**, justifier le choix du R1234ze comme fluide frigorigène.

D'après le DT4, le R1234ze a un GWP de $6 \text{ kg}_{\text{eq}}\text{CO}_2$, ce qui est très faible si on compare au $1430 \text{ kg}_{\text{eq}}\text{CO}_2$ d'un fluide couramment utilisé comme le R134a. Le R1234ze est un HFO et n'est pas concerné par la réglementation F-GAS. Son classement A2L (faiblement inflammable) ne permet pas son utilisation partout mais il n'y a pas de restriction pour un groupe de production d'eau glacée.

Le régime d'eau glacée étant de $7^\circ\text{C}/12^\circ\text{C}$ et la température maximale extérieure de 34°C , le cycle sera subcritique. En effet on peut s'attendre à une BP supérieure à 2 bars absolue ($T_{\text{évaporation}} > -2^\circ\text{C}$) et une HP inférieure à 10 bars absolue ($T_{\text{condensation}} < 50^\circ\text{C}$). Ces pressions de fonctionnement sont usuelles. Il faudrait faire une étude comparative pour justifier mieux. Les critères seraient l'EER, le SEER, le prix au kg ...

c) A l'aide du **DT4**, expliquer la différence entre ESEER, SEER et $\eta_{s,c}$?

L'ESEER et le SEER sont des coefficients de performance saisonnier qui prennent en compte le fonctionnement pour différentes charges. L'ESEER est calculé de la même façon quelque soit l'endroit où est installée la machine thermodynamique. Le SEER est plus précis car il prend en compte la situation géographique.

Le $\eta_{s,c}$ est le SEER en terme d'énergie primaire. Il s'exprime en % et permet de comparer avec des systèmes utilisant d'autres sources d'énergie. Le coefficient de conversion retenu par l'Europe de l'énergie électrique en énergie primaire est de 2.5 kWh d'énergie primaire pour 1 kWh électrique.

- b) Calculer l'EER sur le cycle tracé précédemment. Comparer cette valeur avec la fiche de sélection du groupe de production d'eau glacée à mettre en œuvre donnée dans le **DT7**.

$$EER = (h_6 - h_5) / (h_2 - h_1) = (390 - 254) / (438 - 393) = 3,02$$

Le fabricant annonce un EER légèrement supérieur. Les conditions de fonctionnement sont de toute façon différentes.

- c) A partir du DT7 et du dernier tableau du **DT4**, vérifier la conformité des indicateurs SEER et $\eta_{s,c}$. Commenter.

On lit dans le DT7 (fiche de sélection des groupes de production d'eau glacée)

$$SEER = 4,53 \text{ et } \eta_{s,c} = 178$$

Le dernier tableau du DT4, ci-dessous nous donne les valeurs minimum imposées par la réglementation européenne de ces 2 indices pour différents groupes de production d'eau glacée (chiller). Nous sommes dans le cas « Air cooled < 400kW ». Ainsi à partir de janvier 2021, les indices devront avoir la valeur minimum suivante :

$$SEER_{\min} = 4,1 \text{ et } \eta_{s,c,\min} = 161$$

| COMFORT CHILLERS | TIER 1 (Jan 2018) | | TIER 2 (Jan 2021) | |
|------------------------------|-------------------|------|-------------------|------|
| | $\eta_{s,c}$ % | SEER | $\eta_{s,c}$ % | SEER |
| Air cooled < 400 kW | 149 | 3.80 | 161 | 4.10 |
| Air cooled 400 to 2000 kW | 161 | 4.10 | 179 | 4.55 |
| Water cooled < 400 kW | 196 | 5.10 | 200 | 5.20 |
| Water cooled 400 to 1500 kW | 227 | 5.88 | 252 | 6.50 |
| Water cooled 1500 to 2000 kW | 245 | 6.33 | 272 | 7.00 |

Source : [Ecodesign Directive for HVAC Chiller \(York\)](#), issu de la réglementation européenne 2016/

Les groupes de production d'eau glacée sélectionnés respectent donc la réglementation européenne.

- d) A l'aide du **DT 6**, indiquer dans quelle situation l'EER est maximal pour une température extérieure de 35 °C. Vous expliquerez comment cette situation de fonctionnement peut arriver pour l'installation du conservatoire.

L'EER est maximal pour 35°C extérieur quand la charge est de 59 %.

Pour 35°C extérieur, les groupes peuvent fonctionner à pleine charge (100%) si tous les locaux sont occupés, si les apports externes et internes sont maximaux. L'installation peut donc fonctionner à 59% de charge si l'auditorium est inoccupé par exemple. Dans ce cas l'apport d'air neuf sera minimum, l'apport par les personnes nul et la consigne de température ambiante plus élevée.

PARTIE 4 CTA DE L'AUDITORIUM

Question 1 Détermination des débits

- a) Déterminer les débits volumiques d'air neuf et d'air soufflé nécessaires, sachant que l'on souhaite un taux de brassage minimum de 5 Vol/heure.

On a un volume de 3320 m³ d'où $q_{VAS} = \tau \times V = 5 \times 3320 = 16600 \text{ m}^3/\text{h}$

Occupation maximum 400 personnes d'où $q_{VAN} = 400 \times 18 = 7200 \text{ m}^3/\text{h}$

- b) Déterminer les caractéristiques de l'air neuf et de l'air repris en été et en hiver

| | | T (°C) | HR (%) | h ^s (kJ/kg _{as}) | r ^s (g/kg _{as}) | V ^s (m ³ /kg _{as}) |
|-----|----|--------|--------|---------------------------------------|--------------------------------------|--|
| ETE | AN | 34 | 33 | 63,5 | 11,4 | ETE |
| | AR | 26 | 50 | 53,5 | 10,7 | 0,86 |
| HIV | AN | -4 | 90 | 2 | 6,9 | HIV |
| | AR | 19 | 50 | 36,7 | 2,4 | 0,84 |

- c) Déterminer les débits massiques d'air neuf, d'air repris et d'air soufflé en hiver et en été. (On considérera que le volume massique de l'air soufflé est identique à celui de l'air intérieur).

On a $q_{MAN} = q_{VAN} / V^{s_{AN}}$

$q_{MAS} = q_{VAS} / V^{s_{AR}}$

et $q_{MAR} = q_{MAS} - q_{MAN}$

| Debit | q _{MAN} (kg/s) | q _{MAR} (kg/s) | q _{MAS} (kg/s) |
|-------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| été | 2,25 | 3,1 | 5,36 |
| hiver | 2,63 | 2,86 | 5,5 |

Question 2 Etude du cas hiver

- a) D'après le bilan des charges hiver de l'auditorium indiqué dans le **DR6**, déterminer les charges sensible et latente à prendre en compte pour déterminer le point de soufflage. Justifier votre réponse. (Les charges dues au renouvellement d'air ne doivent pas être prises en compte, vous expliquerez pourquoi).

Afin de déterminer les charges à prendre en compte pour le dimensionnement de la CTA, il faut se placer dans les conditions les plus défavorables.

On ne tiendra donc compte en hiver, que des déperditions pour le calcul des charges sensibles et de la totalité des charges latentes.

Les charges dues à la ventilation étant directement traitées au niveau de la CTA, elles ne seront pas à prendre en compte.

On arrive donc à :

| | HIVER | | ETE | |
|---|--------|--------|-----|----|
| | Hs | HL | Hs | HL |
| Paroi (W) | -4000 | x | | |
| Renouvellement d'air (W) | -61700 | -29600 | | |
| Occupation (W) | +28000 | +14000 | | |
| Eclairage (W) | +9000 | x | | |
| Charges à prendre en compte pour la détermination du point de soufflage en kW | -4000 | 14000 | 109 | 18 |

b) Déterminer les caractéristiques du point de soufflage.

On a donc $H_s = -4 \text{ kW}$, $H_L = 14 \text{ kW}$ et $H_T = 10 \text{ kW}$

$$H_T = qm_{as} (h^{s_s} - h^{s_i})$$

$$h^{s_s} = h^{s_i} + H_T / qm_{as} = 36,7 - 10 / 5,5 = 34,9 \text{ kJ/kg}_{as}$$

$$\text{ou } T_s = T_i + H_s / (1,02 \times qm_{as}) = 19 + 4 / (1,02 \times 5,5) = 19,7^\circ\text{C}$$

$$\text{et } r^{s_s} = r^{s_i} - H_L / (2500 \times qm_{as}) = 6,9 \cdot 10^{-3} - 14 / (2500 \times 5,5) = 5,9 \cdot 10^{-3} \text{ kg/kg}_{as}$$

Rq : on peut également passer par la droite de soufflage : $j = H_t / M = 10 / (14 / 2500) = 1786 \text{ kJ/kg}_{eau}$

D'ou

| | T (°C) | HR (%) | h^s (kJ/kg _{as}) | r^s (g/kg _{as}) | V^s (m ³ /kg _{as}) |
|------------------------|--------|--------|------------------------------|-----------------------------|---|
| S _{theorique} | 19,7 | 41,3 | 34,9 | 5,9 | 0,84 |

c) En supposant que le récupérateur d'énergie est à récupération totale (échange de chaleur sensible et latente) avec une efficacité totale minimale de 80%, déterminer la température de l'air neuf préchauffé (ANp) en sortie de récupérateur.

On a :

$$\varepsilon = \frac{qm \times \Delta h^s}{qm_{mini} \times \Delta h^s_{max}}$$

$$\varepsilon = \frac{qm \times \Delta T_{AN}}{qm_{mini} \times \Delta T_{max}}$$

$$\rightarrow h^s_{ANp} = h^s_{AN} + \varepsilon \times \Delta h^s_{max} = 2 + 0,8 \times (37 - 2) = 29,8 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$\rightarrow T_{ANp} = T_{AN} + \varepsilon \times \Delta T_{max} = -4 + 0,8 \times (19 - -4) = 14,4^\circ\text{C}$$

d) Vérifier les caractéristiques du point de mélange donné dans le DR6.

On a, d'après la loi des mélanges

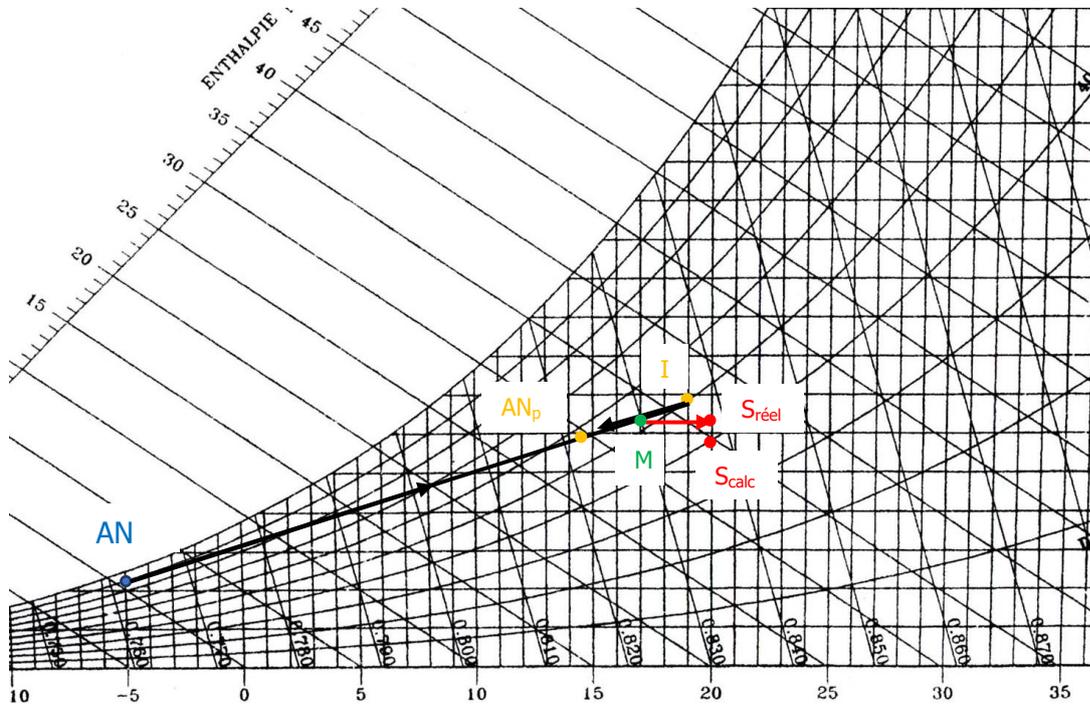
$$T_M = \frac{qm_{AN} \times T_{ANp} + qm_{AR} \times T_I}{qm_{AS}} = \frac{2,63 \times 14,4 + 2,86 \times 19}{5,5} = 16,8^\circ\text{C}$$

$$h_M = \frac{qm_{AN} \times h_{ANp} + qm_{AR} \times h_I}{qm_{AS}} = \frac{2,63 \times 29,8 + 2,86 \times 36,7}{5,5} = 33,4 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$$

| | T (°C) | HR (%) | h^s (kJ/kg _{as}) | r^s (g/kg _{as}) | V^s (m ³ /kg _{as}) |
|---|--------|--------|------------------------------|-----------------------------|---|
| M | 16,8 | 54,5 | 33,5 | 6,5 | 0,83 |

On obtient donc bien le point de mélange indiqué dans le DR6

e) Tracer l'évolution de l'air dans la CTA sur le diagramme de l'air humide DR7.



f) Déterminer les caractéristiques du point de soufflage réel. Justifier votre réponse.

On ne contrôle pas l'HR dans le local. On se contente donc de préparer l'air aux conditions de température désirée, en chauffant l'air. Le point de soufflage réel a donc la même humidité spécifique que le point de mélange D'où sa position sur le diagramme de l'air humide.

| | T (°C) | HR (%) | h^s (kJ/kg _{as}) | r^s (g/kg _{as}) | V^s (m ³ /kg _{as}) |
|-------------------|--------|--------|------------------------------|-----------------------------|---|
| S _{réel} | 19,7 | 45,5 | 36,3 | 6,5 | 0,84 |

Rq : L'air soufflé a une humidité supérieure au point de soufflage théorique, l'humidité relative dans le local va donc augmenter.

g) Déterminer la puissance de la batterie chaude à mettre en œuvre. Sachant que le débit d'eau en circulation dans la batterie sera de 2,2 m³/h La puissance trouvée correspond-elle à celle de la batterie qui sera mise en œuvre ?

La batterie chaude à mettre en œuvre pour obtenir la température de soufflage doit avoir une puissance de :

$$P_{BC\ air} = q_{m\ as} \times (h^s_{s} - h^s_{m}) = 5,5 \times (37 - 33) = 23\ kW$$

Le débit d'eau en circulation dans la batterie chaude est de 2,2 m³/h, le régime d'eau 45/35 C, la puissance fournie par l'eau est donc de :

$$P_{BC\text{ eau}} = qm_{\text{eau}} \times Cp_{\text{eau}} \times \Delta T = \rho \times qv_{\text{eau}} \times Cp_{\text{eau}} \times \Delta T$$

$$P_{BC\text{ eau}} = 1000 \times \frac{2,2}{3600} \times 4,18 \times (45-35) = 25,54 \text{ kW}$$

En tenant compte d'un surdimensionnement de 10 % de la BC on arrive à PBC air= 1,1 x 23 = 25,3 kW, la batterie chaude mise en œuvre correspond donc parfaitement aux besoins.

Question 3 Etude du cas été

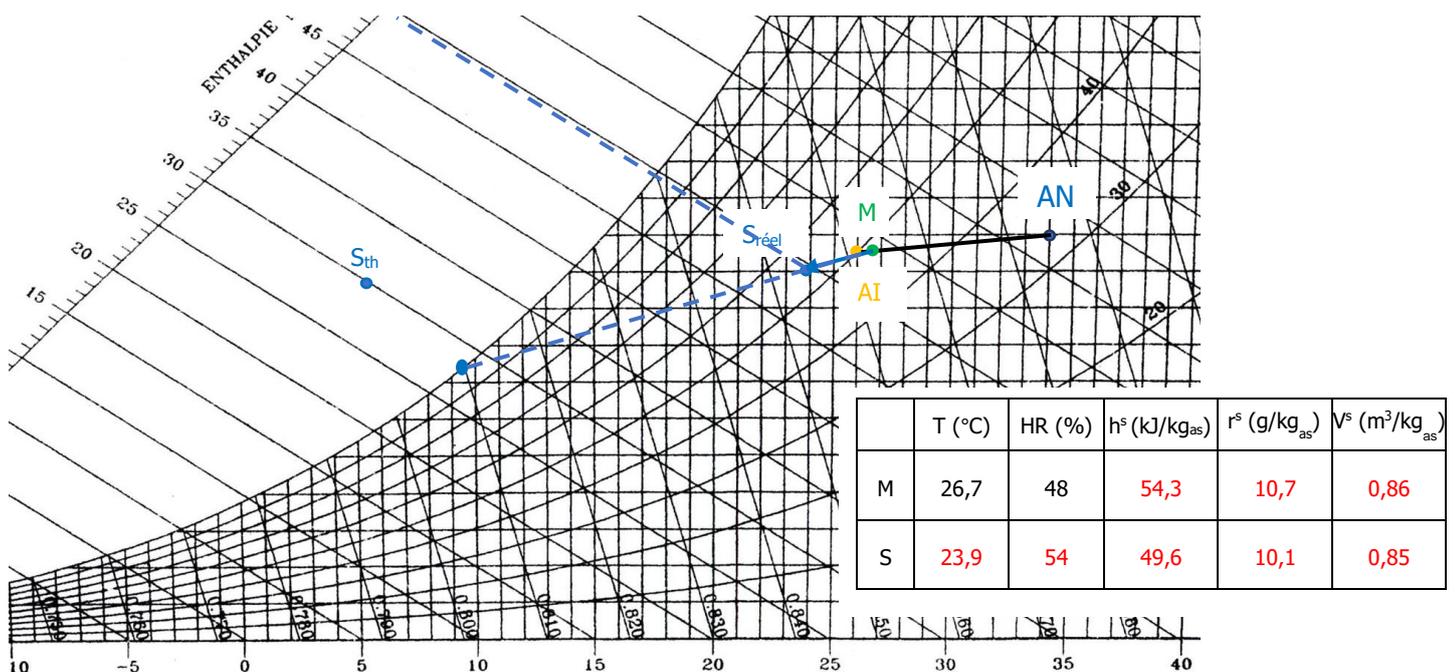
- a) La puissance de la batterie froide qui doit être mise en œuvre est de 25 kW. D'après les caractéristiques du point de mélange données dans le document réponse **DR6**, déterminer les caractéristiques du point de soufflage. Placer le point correspondant dans le diagramme de l'air humide **DR8** et tracer l'évolution de l'air dans la CTA.

Avec un $\eta_{\text{ech}} = 100\%$ $\Rightarrow P_{BFeau} = P_{BFair}$

$P_{BFair} = 25,5 = qm_{\text{as}} \times \Delta h^s \Rightarrow h^s_S = h^s_M - P_{BFeau} / qm_{\text{as}} = 54,3 - 25,5 / 5,36 = 49,6 \text{ kJ/kg}_{\text{AS}}$

Régime de température de la BF : 7/12°C \Rightarrow température de surface de la BF est donc de 9,5°C.

D'où l'évolution de l'air dans la batterie froide



- b) Ce point de soufflage permet-il de combattre les charges en été indiquées dans le document DR06 ? Commenter en analysant si nécessaire l'évolution de la température et de l'humidité intérieure, et de la méthode de diffusion de l'air mis en œuvre.

En été il faudrait pour combattre les charges avoir un point de soufflage à environ 6°C et une enthalpie spécifique de 30kJ/kg. (on est dans la zone de brouillard !!). Le point de soufflage ne peut pas être atteint. La température et l'humidité de l'air intérieur vont augmenter.

Cependant compte tenu du mode de diffusion de l'air par « balayage » l'air est soufflé à faible vitesse via des plenums sous les sièges permettant de traiter l'air directement dans la zone de confort, la chaleur monte et la reprise se fait au niveau du plafond, coté scène permettant d'évacuer les charges.

Pour contrôler et piloter l'ensemble des installations du lot CVC une GTC (Gestion Technique Centralisée) va être mise en place. Sa liste de points vous est donnée en **DT8**.

Question 1

Il existe 6 types de points possibles. (TA, TS, etc...) A partir du **DT8**, donner pour chaque type de point un exemple de matériel pouvant être raccordé ; préciser s'il s'agit d'une entrée (information reçue) ou d'une sortie (ordre donné) et le type de signal qui va transiter (logique ou analogique).

Beaucoup de réponses possibles, voici un exemple :

- Un des 2 TA du groupe de production d'eau glacée peut être raccordé à un débistat, son contact, suivant sa position va donner une information, c'est une entrée logique. Le contact va générer une alarme par la suite.
- Le registre clapet coupe-feu possède lui aussi un contact, il sera relié à un module TS, c'est aussi une entrée logique qui ne générera pas d'alarme, juste une information sur un des synoptiques de la GTC. Le contact sera traité par ailleurs par le SSI (Système de Sécurité Incendie)
- Le moteur d'une V2V autorisant l'arrivée de la vapeur d'eau dans l'humidificateur vapeur peut recevoir un ordre d'un module TC. C'est donc une sortie logique, car la vanne sera ouverte ou fermée.
- Une pompe à vitesse variable du circuit plancher chauffant peut recevoir un signal analogique (qui varie de 0 à 10V par exemple) en provenance d'un module TR. C'est donc une sortie analogique.
- Une sonde de température placée n'importe où dans le circuit (Air soufflé de la CTA par exemple) donne une information avec un signal qui varie à un module TM. C'est donc une entrée analogique.
- N'importe quel compteur donne une information à un module TK (Impulsionnel par exemple). C'est donc une entrée logique (avec traitement des impulsions).

La GTC devra, entre autres, satisfaire les contraintes suivantes :

- Apporter le meilleur confort thermique aux occupants des locaux.
- Faciliter l'exploitation des équipements techniques du bâtiment (Alarmes, historiques, réglages)
- Optimiser la consommation énergétique du bâtiment, (Enregistrement des consommations, établissement de bilans énergétiques).

Question 2

Nous allons maintenant nous intéresser plus particulièrement à l'automatisation des poutres à induction (appelées poutres froides dans le **DT8**)

- a) Enoncer l'ensemble des points préconisés par le bureau d'étude pour une poutre froide.

Le CCTP préconise : 2TS, 2TC, 2TR, et 3TM.

Le CCTP impose dans l'analyse fonctionnelle des poutres froides les contraintes suivantes :

- Fermeture des vannes deux voies (chaud et froid) sur ouverture des fenêtres (2 contacts).
- Fermeture des vannes deux voies (chaud et froid) sur détection de condensation. (3 sondes nécessaires)
- Régulation de la température d'ambiance par action sur les vannes suivant le paramétrage désiré (Une télécommande murale permet de régler une consigne, une programmation horaire, une marche forcée).

b) Donner les matériels raccordés à chacun des points.

Les 2TS correspondent aux contacts de fenêtres.

Les 2TC correspondent à l'autorisation de marche des 2 vannes deux voies. (mode hiver ou mode été)

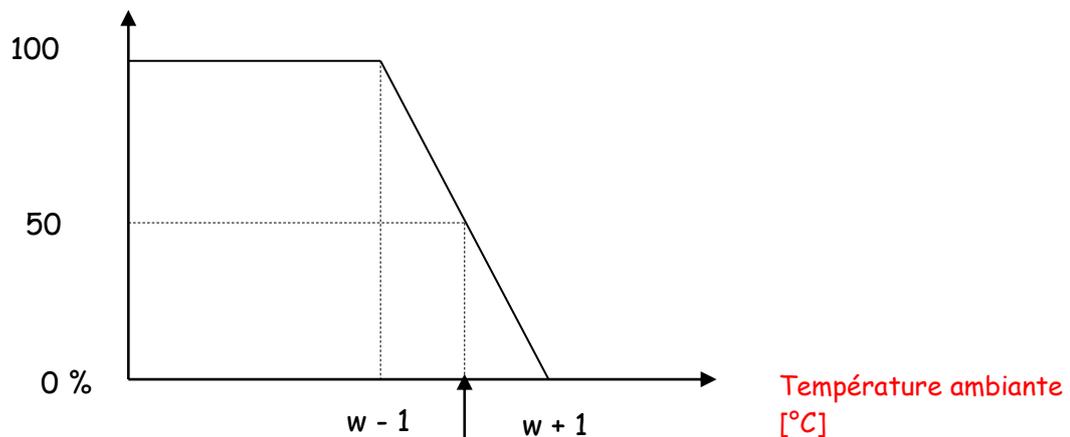
Les 2TR correspondent au signal de réglage des 2 vannes deux voies.

Les 3 TM correspondent à la sonde de température ambiante, la sonde de température de surface poutre froide et une sonde d'hygrométrie placée au plus près de la poutre froide.

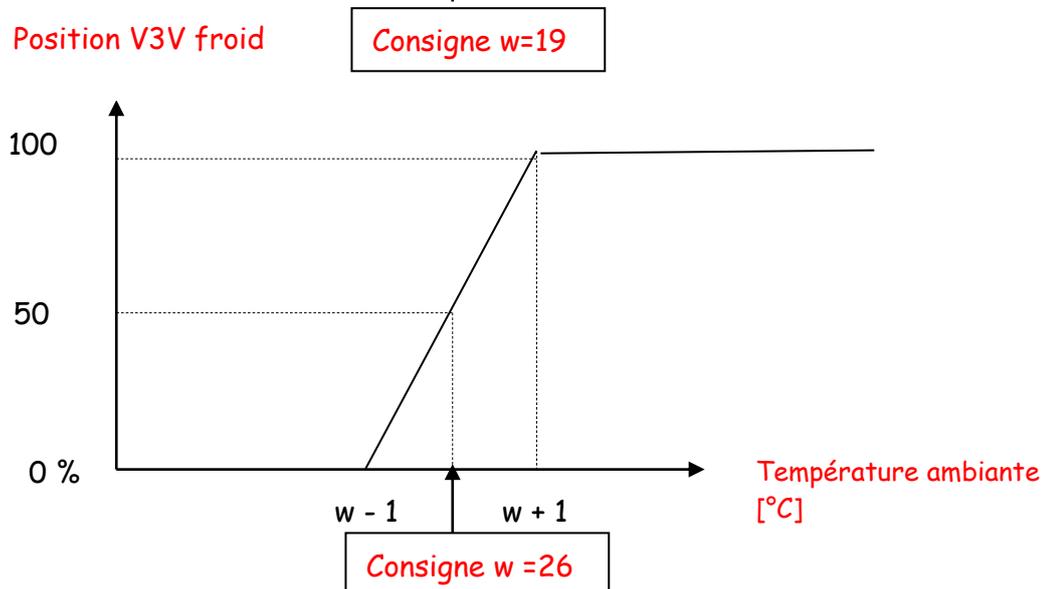
Le mode confort est activé sur programme horaire. Le régulateur fonctionne avec les consignes confort paramétrées par défaut : 19°C en hiver et 26°C en été.

c) Proposer un paramétrage qui vous permet de tracer le graphe de température (diagramme fonctionnel) de la régulation de la température ambiante d'un local du conservatoire grâce aux poutres à induction.

Position V3V chaud



Position V3V froid



PARTIE 6 ETUDE ACOUSTIQUE DE LA SALLE DE JAZZ

Le conservatoire de Montpellier, en plus de l'auditorium, va posséder plusieurs pièces possédant des caractéristiques acoustiques permettant d'obtenir de bonnes conditions pour le travail et l'écoute des musiciens.

Dans cette partie nous allons nous intéresser tout particulièrement à la salle de Jazz.

Vous trouverez un descriptif complet de cette salle en **DT9**.

Une simulation acoustique vous est proposée en **DT10**.

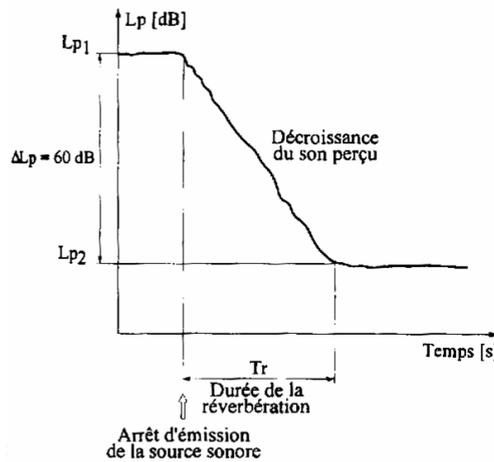
Un formulaire d'acoustique donné en **DT11** peut vous aider.

Question 1

Rappeler la définition du temps de réverbération puis, à partir du **DT9** et de vos connaissances en traitement acoustique d'une pièce, décrire de manière qualitative l'utilité d'utiliser 4 matériaux différents pour obtenir les temps de réverbération désirés.

Quoiqu'il en soit, commenter l'importance de contrôler le temps de réverbération dans cette salle.

Le temps de réverbération T_r d'un local est le temps au bout duquel le niveau de pression acoustique en un point donné a diminué de 60 [dB], à partir du moment où la source sonore est arrêtée.



Le traitement acoustique se fait par bandes d'octaves et l'absorption acoustique des matériaux composant les parois n'est pas la même en fonction des fréquences de l'onde. Pour traiter correctement l'ensemble du spectre acoustique il faudra donc :

- Une moquette qui absorbe plutôt dans les aigus.
- Un Revêtement en fibre de bois qui absorbe aussi dans les aigus.
- Des panneaux de contreplaqué à effet membrane qui absorberont dans les mediums.
- La toile tendue qui absorbera dans les graves.

Question 2

A partir de la simulation acoustique du **DT10**.

- Donner un exemple possible de source sonore et de récepteur dans cette salle de jazz.
Une source sonore peut être un instrument de musique et un récepteur une oreille ou un micro.
- Commenter le graphe incomplet qui synthétise la simulation et les objectifs fixés.

Les temps de réverbération obtenus par la simulation sont inférieurs à ceux désirés sauf pour la bande d'octave 125 [Hz], où le résultat de la simulation manque, suspens...

Question 3

Nous allons compléter la simulation acoustique pour la bande d'octave 125[Hz] à partir des données suivantes :

Seule la toile tendue peut absorber dans cette bande d'octave et son coefficient d'absorption vaut $\alpha=0.81$.

Les dimensions de la pièce sont 10x8x3.5.

a) Calculer A : l'aire d'absorption équivalente puis R : la constante du local.

$$A=64.8[\text{m}^2 \text{ Sabine}], R=83,78[\text{m}^2]$$

b) En déduire son temps de réverbération.

$$Tr=0.69[\text{s}]$$

c) Conclure par rapport aux objectifs fixés (graphe du **DT10**).

0,69<0.7 (limite fixée pour la bande d'octave 125[Hz]), normalement la toile tendue devrait permettre d'absorber suffisant l'onde acoustique dans les graves pour pouvoir remplir les objectifs fixés.

Question 4

Le CCTP impose un niveau NR 30 dans la salle de jazz.

Les bouches de soufflage et de reprise ont un $L_w= 55,3$ dB et se situent toutes les deux à 3,4 m du point de mesure réglementaire.

Afin de simplifier l'étude acoustique les calculs ne se feront que pour la bande d'octave 125 Hz. (Il faudrait répéter l'opération pour toutes les autres bandes d'octave).

a) Calculer le niveau de pression acoustique en champs direct provoqué par les 2 bouches. (On supposera qu'elles émettent de manière hémisphérique ; $Q=2$).

$$L_p=39,7[\text{dB}] \text{ (pour les 2 bouches en champs direct)}$$

b) Calculer le niveau de pression acoustique en champs réverbéré provoqué par les 2 bouches.

$$L_p=45,1[\text{dB}] \text{ (pour les 2 bouches en champs réverbéré)}$$

c) Calculer le niveau de pression acoustique global et conclure. (**DT12**)

$L_{p \text{ tot}} \approx 46$ [dB] < 47 : la valeur limite imposée dans la bande d'octave 125[Hz] pour respecter le niveau iso NR30. Il faudrait répéter l'opération pour l'ensemble des bandes d'octave.

d) Calculer le niveau de pression acoustique en dB(A). Pourquoi est-ce utile d'appliquer la pondération A ?

$$L_{p \text{ tot}}= 46 -16,1= 29,9 [\text{dBA}]$$

La pondération A permet de tenir compte de la physiologie de l'oreille humaine qui est moins performante dans les graves.