

**U.21 : Analyse scientifique et technique  
d'une installation**

**Baccalauréat Professionnel**  
**TECHNICIEN DE MAINTENANCE**  
**DES SYSTÈMES ÉNERGÉTIQUES**  
**ET CLIMATIQUES**  
Session 2019

**DOSSIER CORRIGÉ**

« Centre de loisirs »

Les situations professionnelles		Temps conseillé	Pages
S1	<input type="checkbox"/> Prise en charge de l'installation	30	2/12
S2	<input type="checkbox"/> Hydraulique	30	3/12 et 4/12
S3	<input type="checkbox"/> Production frigorifique	40	5/12 et 6/12
S4	<input type="checkbox"/> Traitement d'air	40	7/12 et 8/12
S5	<input type="checkbox"/> Électrotechnique	30	9/12
S6	<input type="checkbox"/> Régulation solaire	20	10/12
S7	<input type="checkbox"/> Traitement d'eau	20	11/12
S8	<input type="checkbox"/> Énergie renouvelable	30	12/12

Sous-épreuve E.21 - Unité U.21

« L'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé ».

## PRÉSENTATION

L'étude portera sur les équipements d'un centre de loisirs (salle polyvalente) à Montélimar.

- La production de chaleur et d'eau chaude sanitaire sera assurée par un système biénergie constitué de deux chaudières gaz à condensation avec évacuation des gaz brûlés par ventouses horizontales et d'un préparateur d'eau chaude sanitaire de 500 l raccordé à des capteurs solaires, dont l'appoint de chaleur sera réalisé par la chaudière en hiver et par une résistance électrique en été. Le système servira aussi bien à la production d'eau chaude sanitaire qu'à la production de chaleur pour le chauffage et la ventilation.
- La ventilation sera assurée par deux centrales de traitement d'air. Les CTA devront être équipées d'un système de protection contre le gel.

S1	<b>PRISE EN CHARGE DE L'INSTALLATION</b>
----	--

### Contexte :

Afin de pouvoir expliquer le fonctionnement de l'installation et d'en expliquer les dysfonctionnements, il vous est demandé de prendre connaissance du schéma de principe n°1.

### Vous disposez : (conditions ressources)

- du schéma de principe n° 1 **DT 1 - Page 2/14**
- du dossier technique pour d'éventuelles informations complémentaires.

<u>Vous devez : (travail demandé)</u>	<u>Critères d'évaluation</u>
<p>Selon l'exemple fourni :</p> <p>1) Indiquer le nom et la fonction des éléments dont les numéros sont indiqués dans le tableau.</p>	<p><u>Le nom et la fonction correspondent à l'élément repéré.</u></p>

1 - Indiquer dans le tableau ci-dessous les éléments et leurs fonctions.

Repère	Nom	Rôle
1	<b>Chaudière gaz condensation</b>	<b>Assurer la production de chaleur</b>
2	<b>Ventouse</b>	<b>Évacuer les produits de combustion et assurer l'arrivée d'air nécessaire à la combustion</b>
4	<b>Soupape de sécurité</b>	<b>Évacuer la pression si &gt; 3 bars</b>
5	<b>Filtre gaz</b>	<b>Garantir la propreté du gaz</b>
6	<b>Vanne de coupure gaz</b>	<b>Couper l'arrivée de gaz</b>
7	<b>Station de neutralisation des condensats</b>	<b>Réduire l'acidité des condensats avant rejet</b>
8	<b>Vase d'expansion</b>	<b>Absorber les variations du volume d'eau due aux variations de températures</b>
9	<b>Bouteille de découplage</b>	<b>Permet la séparation hydraulique du primaire et du secondaire</b>
10	<b>Pot à boue</b>	<b>Récupérer les boues</b>
33	<b>Pompe double</b>	<b>Assurer la circulation de l'eau</b>
42	<b>Compteur d'eau volumétrique</b>	<b>Mesurer le débit d'eau alimentant l'adoucisseur</b>

**Contexte :**

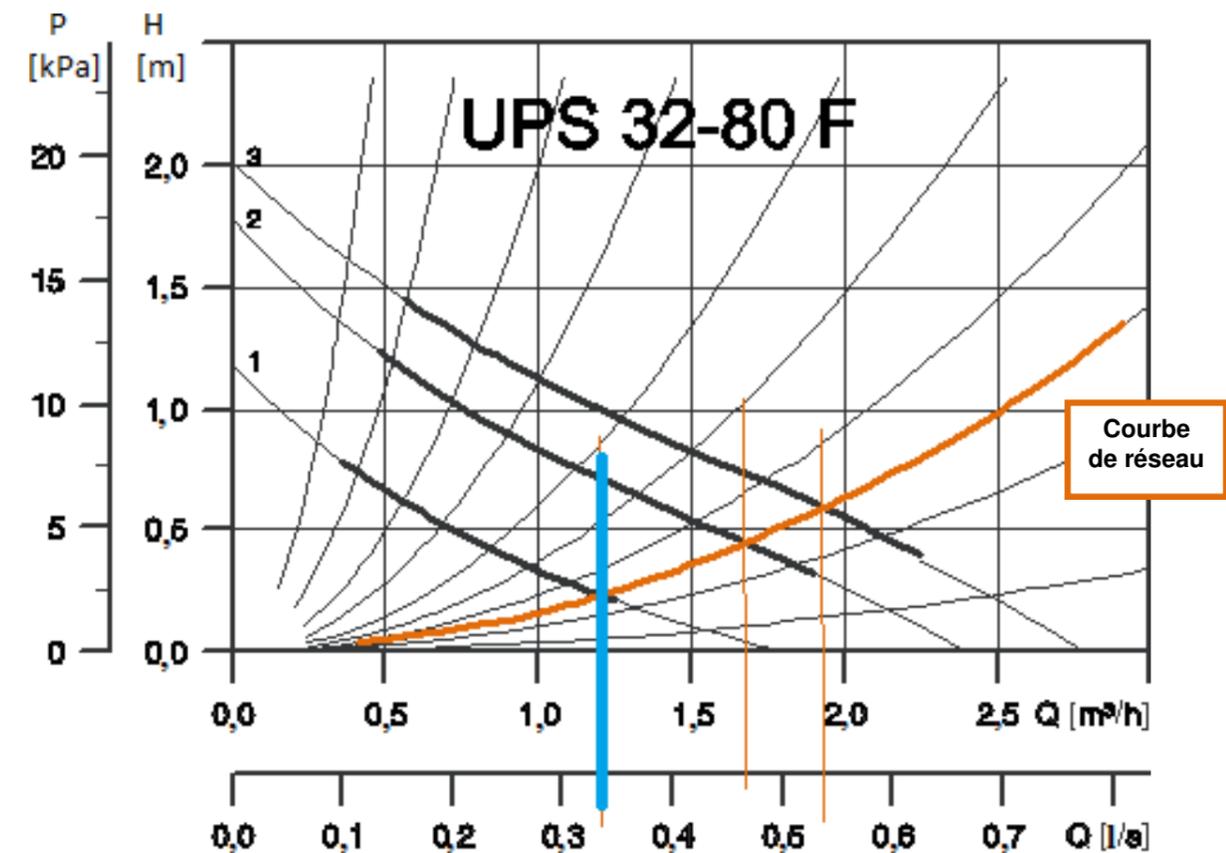
Afin de pouvoir expliquer le dysfonctionnement de la bouteille de découplage (on n'arrive pas à fournir de l'eau à 80°C en sortie de bouteille), vous devez donc vérifier les paramètres de fonctionnement. Les pompes primaires sont actuellement en vitesse 1.

**Vous disposez : (conditions ressources)**

- D'un extrait de catalogue pour les pompes de remplacement **DT 4 - Page 5/14**
- Des données suivantes :
  - Température de départ chaudières : 80 [°C]
  - Débit circuit plancher chauffant : 0.349 [l/s]
  - Débit circuit CTA : 0.205 [l/s]
  - Débit circuit ventilo-convecteur : 0.119 [l/s]
  - Débit circuit ECS : 0.167 [l/s]

<b>Vous devez : (travail demandé)</b>	<b>Critères d'évaluation</b>
<p>Selon l'exemple fourni :</p> <p>2) Déterminer le débit en [l/s] qui circulera au primaire lorsque les deux chaudières fonctionnent, sachant que chaque pompe est en vitesse 1.</p> <p>3) Déterminer le débit total en [l/s] qui circule au secondaire.</p> <p>4) En comparant le débit primaire et le débit secondaire, est-ce que la bouteille fonctionne en mélange. <b>Justifier la réponse.</b></p> <p>5) Sélectionner les nouvelles pompes à débit variable, et pression constante, qui remplaceront celles présentes actuellement sur chaque chaudière. Sachant qu'elles devront assurer chacune un débit de 0,5 [l/s] pour une hauteur manométrique de 3,5 [mCE].</p>	<p><u>Le point de fonctionnement est bien placé et les débits sont corrects.</u></p> <p><u>Le calcul et l'unité sont corrects.</u></p> <p><u>La réponse est correctement justifiée.</u></p> <p><u>Le point de fonctionnement est bien placé et le choix est cohérent.</u></p>

2 - Détermination du débit primaire lorsque les 2 chaudières sont en fonctionnement :



a/ Débit de la pompe de la première chaudière (après avoir placé le point sur le graphique ci-dessus) :

**Le débit de la pompe pour une chaudière en vitesse 1 est de 0,33 [l/s]**

b/ débit total pour les 2 chaudières en fonctionnement :

**Le débit primaire est obtenu en additionnant les deux débits en vitesse 1**

**Soit  $Q_{\text{primaire}} = 2 * 0,33 = 0,66$  [ l/s ]**

3 - Calcul du débit secondaire :

**Le débit secondaire est obtenu en additionnant les débits secondaires**

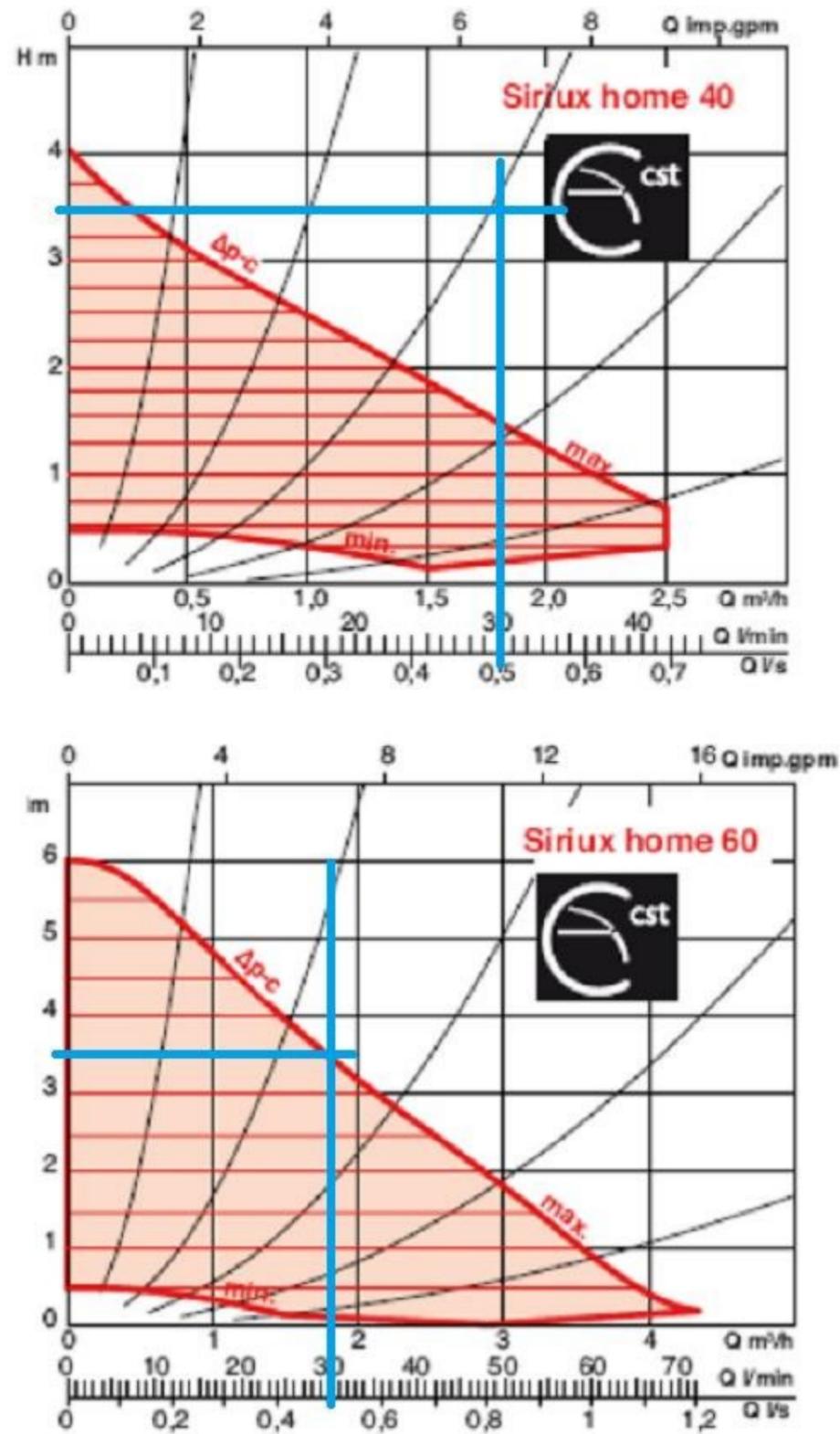
**$Q_{\text{secondaire}} = 0,349 + 0,119 + 0,205 + 0,167 = 0,84$  [ l/s ]**

4 - La bouteille fonctionne en mélange si :

**le débit primaire est inférieure au débit secondaire.**

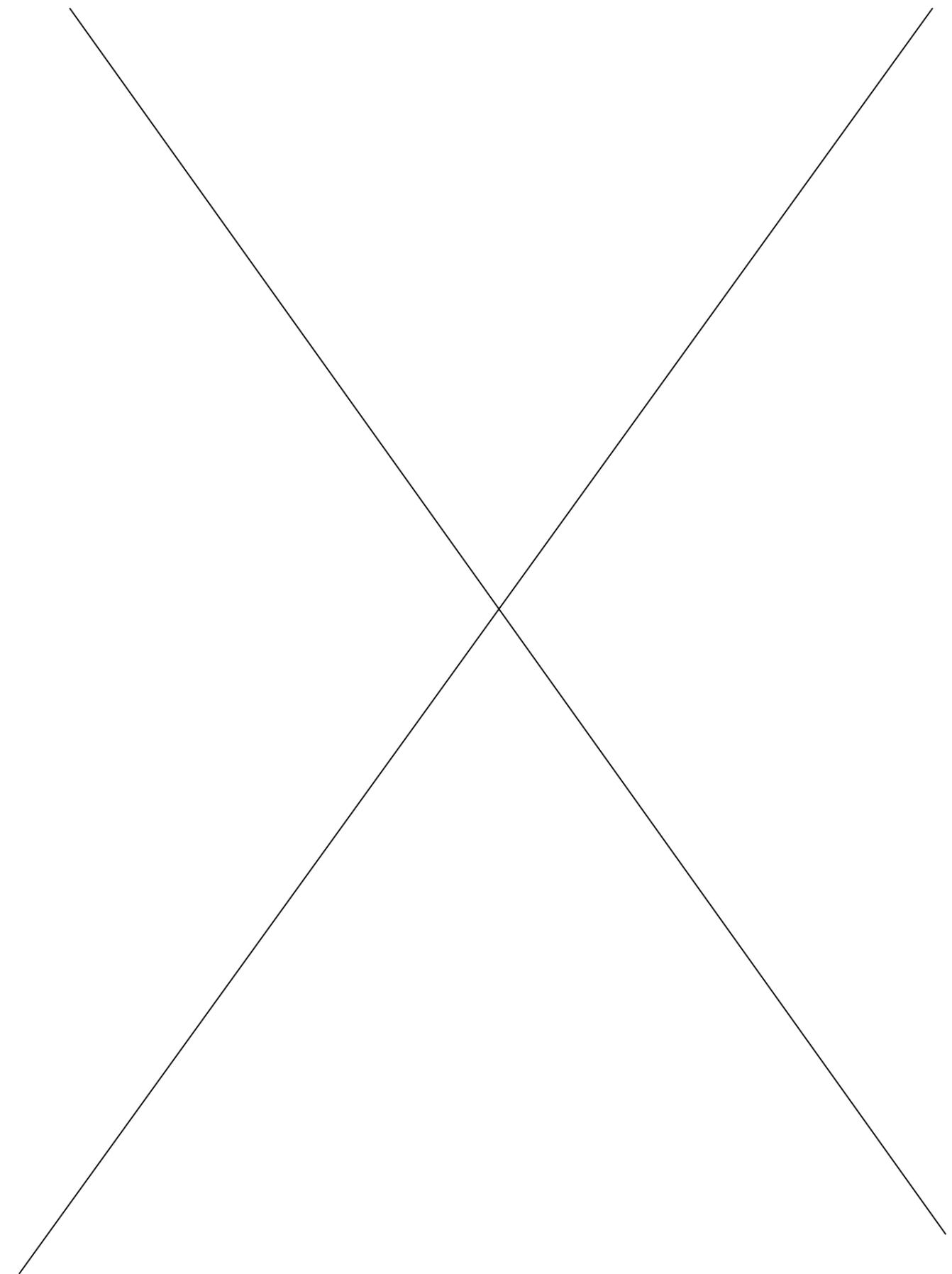
**Dans notre cas  $Q_{\text{primaire}} = 0,66$  [ l/s ] et  $Q_{\text{secondaire}} = 0,84$  [ l/s ] comme  $0,66 < 0,84$  alors notre bouteille fonctionne bien en mélange.**

5 - Après avoir tracé votre point de fonctionnement, déterminer le modèle de pompe à débit variable et pression constante que vous choisirez :



Modèle choisi :

**On choisira donc le modèle SIRIUS Home 60**



**Contexte :**

La production d'eau glacée étant assurée par un groupe air/eau de marque Carrier de type 30 RA 120, vous devez vérifier son bon fonctionnement lors d'une maintenance préventive.

**Vous disposez : (conditions ressources)**

- De la documentation technique **DT 5 - Page 6/14**
- Le groupe fonctionnant à pleine puissance et aux conditions nominales, on a relevé les valeurs suivantes :
  - Pression de condensation :  $p_k = 19$  [bars] (pression lue au manomètre)
  - Pression d'évaporation :  $p_0 = 3,8$  [bars] (pression lue au manomètre)
  - Température entrée détenteur :  $\theta_d = 42$  [°C]
  - Température aspiration compresseurs :  $\theta_a = 8$  [°C]

Remarques : la surchauffe dans la tuyauterie d'aspiration est négligeable ainsi que le sous-refroidissement dans la conduite liquide, pour le tracé du cycle on négligera les pertes de charge et on considèrera la compression isentropique.

Surchauffe à l'évaporateur = Température sortie évaporateur – Température d'évaporation

Sous-refroidissement au condenseur = Température de fin de condensation – Température sortie condenseur

COP froid (EER) = Puissance frigorifique / puissance absorbée électrique

<b>Vous devez : (travail demandé)</b>	<b>Critères d'évaluation</b>
6) Tracer l'évolution du fluide frigorigène sur le diagramme enthalpique.	<u>Le tracé est propre et le sens de circulation est indiqué par des flèches.</u>
7) Calculer la surchauffe.	<u>Le calcul est détaillé et l'unité précisée.</u>
8) Calculer le sous refroidissement.	<u>Le calcul est détaillé et l'unité précisée.</u>
9) La surchauffe et le sous-refroidissement sont-ils corrects ? Justifier la réponse.	<u>La réponse est correcte et justifiée.</u>
10) Calculer le COP froid de ce groupe d'eau glacée à partir des données constructeurs aux conditions nominales.	<u>Le calcul est détaillé.</u>

6 - Tracer l'évolution sur le diagramme enthalpique du 407c sur la **page DSR 6/12**

7 - Calcul de la surchauffe :

Température d'aspiration : .....**8 [°C]** .....

Température d'évaporation : ...**2 [°C]** .....

Surchauffe = **8 – 2 = 6 [°C]** .....

8 - Calcul du sous refroidissement :

Température de fin de condensation : ...**46 [°C]** .....

Température entrée détenteur : ...**42 [°C]** .....

Sous refroidissement = **46 – 42 = 4 [°C]** .....

9 - La surchauffe est : **Correcte**.....

Justification :

**La surchauffe est bien comprise entre 5 et 8 [°C]**

.....

Le sous-refroidissement est : ...**Correcte**.....

Justification :

**Le sous-refroidissement est bien compris entre 4 et 7 [°C]**

.....

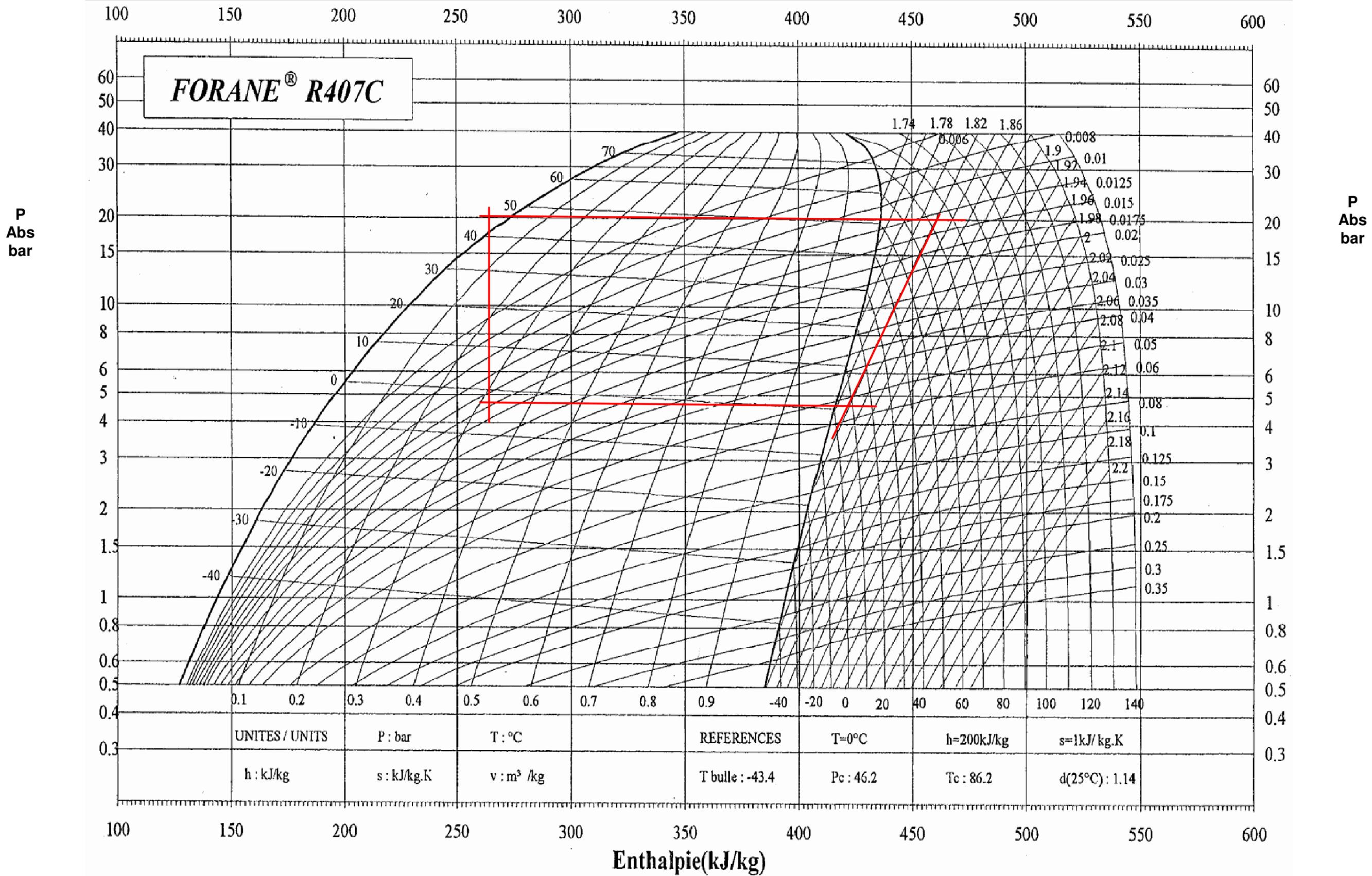
10 - Calcul du COP froid :

Puissance frigorifique : **115 [kW]** .....

Puissance absorbée électrique : **60,5 [kW]** .....

COP froid (EER) = **115 / 60,5 = 1,9**

.....



**Contexte :**

Dans le cadre d'une maintenance préventive, on vous demande de vérifier le débit d'air ainsi que l'efficacité de la batterie froide de la CTA permettant le rafraîchissement de la salle polyvalente.

**Vous disposez : (conditions ressources)**

- Conditions extérieur : température ( $\theta_{AN}$ ) 28 [°C] , hygrométrie 40 [%]
- Température sèche de soufflage ( $\theta_{AS}$ ) : 20 [°C]
- Température effective de surface de la batterie froide ( $\theta_{ES}$ ) : 09 [°C]
- Débit volumique mesuré à l'aspiration (extérieur) ( $Q_V$ ): 6950 [m<sup>3</sup>/h]
- De la documentation technique de la CTA MODULYS TA 210/270 **DT 6 - Pages 7 à 9/14**

**Formulaire :**

- $P = Q_{mas} \times (\Delta h)$  avec P en [kW],  $Q_{mas}$  en [kg as/s] et  $\Delta h$  en [kJ/kg as]
- Efficacité =  $(h_{AN} - h_{AS}) / (h_{AN} - h_{ES})$   
avec  $h_{AN}$  : Enthalpie de l'air extérieur [°C],  
 $h_{AS}$  : Enthalpie de l'air de soufflage en [°C]  
 $h_{ES}$  : Enthalpie à la surface de la batterie froide [°C]
- $Q_{mas} = Q_V / V_{m AN}$  avec  $V_{m AN}$  : Volume massique de l'air neuf en [m<sup>3</sup>/kg as]

<b>Vous devez : (travail demandé)</b>	<b>Critères d'évaluation</b>
11) Tracer l'évolution de l'air dans la batterie froide sur le diagramme de l'air humide.	<u>Le tracé est juste, propre et symbolise le sens de l'air dans la CTA.</u>
12) Déterminer les caractéristiques de chaque point.	<u>Les points sont correctement relevés.</u>
13) Comparer le débit volumique mesuré et celui annoncé par la documentation technique et émettre une conclusion.	<u>Conclusion pertinente.</u>
14) Déterminer le débit massique $Q_{mas}$ en [kg as/h] dans la CTA.	<u>Formule appliquée et résultats corrects.</u>
15) Déterminer la puissance de la batterie froide.	<u>Formule appliquée et résultats corrects.</u>
16) Déterminer l'efficacité de cette batterie froide.	<u>Formule appliquée et résultats corrects.</u>
17) Citer les causes possibles de ce manque de débit d'air dans la CTA.	<u>Les causes citées sont correcte et pertinente.</u>

11 - Tracer l'évolution de l'air dans la batterie froide de la CTA sur la page **DSR 8/12** :

12 - Déterminer les caractéristiques de chaque point :

Noms	Température sèche $\theta_s$ [°C]	Degré hygrométrique [%]	Enthalpie h [kJ/kgas]	Volume spécifique V [m <sup>3</sup> /kgas]	Teneur en eau r [kg/kgas]
AN	28	<b>40</b>	<b>53</b>	<b>0.866</b>	<b>0.0094</b>
AS	20	<b>58</b>	<b>42</b>	<b>0.842</b>	<b>0.0086</b>
ES	9	<b>100</b>	<b>27</b>	<b>0.808</b>	<b>0.0071</b>

13 - Comparer le débit volumique mesuré et le débit volumique de la documentation technique et établir une conclusion

Débit volumique mesuré = **6950 [m<sup>3</sup>/h]**.....

Débit volumique de la documentation = **9000 [m<sup>3</sup>/h]** .....

**Le débit volumique est insuffisant car il devrait être de 9000 [m<sup>3</sup>/h] mais il est seulement de 6950 [m<sup>3</sup>/h]**

14 - Déterminer le débit massique  $Q_{mas}$  en [kg as/h] dans la CTA :

**$Q_{mas} = Q_V / V = 6950 / 0.866$**

**$Q_{mas} = 8025.4$  [kgas/h]**

15 - Déterminer la puissance de cette batterie froide :

**$P_{bf} = Q_{mas} \times \Delta h = 8000 / 3600 \times (53-42)$**

**$P_{bf} = 24.4$  [kw]**

16 - Déterminer l'efficacité de cette batterie froide :

**$E_{bf} = H_{AN} - H_{AS} / H_{AN} - H_{ES} = (53-42) / (53-27)$**

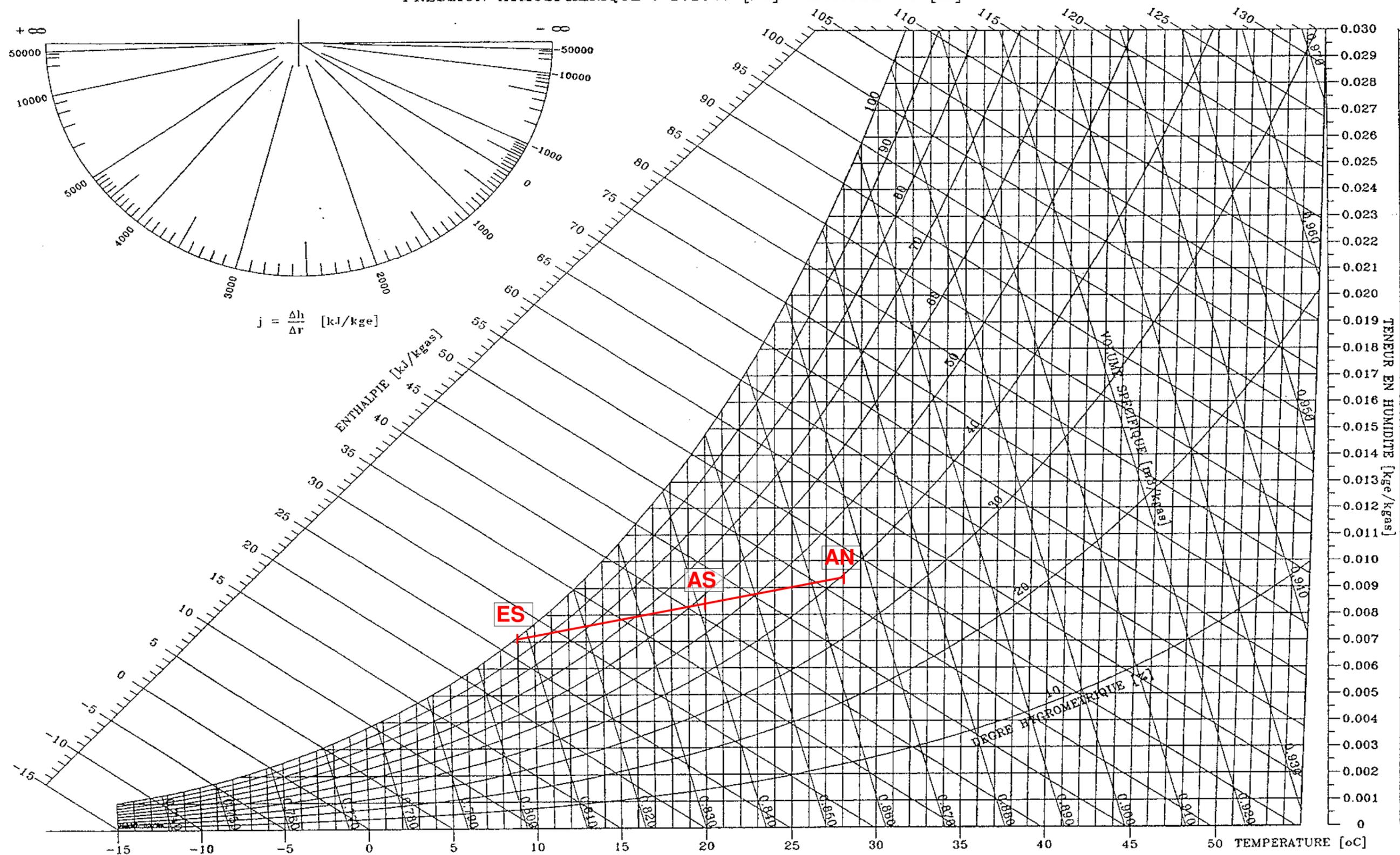
**$E_{bf} = 0.42$  soit **42 % d'efficacité****

17 - Les causes possibles qui peuvent engendrer ce manque de débit d'air de la CTA sont :

**Cela peut provenir de la courroie qui est détendue au niveau du ventilateur, d'un défaut au niveau du registre, de fuite sur le réseau, du colmatage de la grille d'entrée d'air, des ailettes déformées, du sens de rotation du moteur inversé.**

# DIAGRAMME DE L'AIR HUMIDE

PRESSION ATMOSPHERIQUE : 101325 [Pa] ALTITUDE : 0 [m]



**Contexte :**

Le moteur du ventilateur de la CTA ne fonctionnant plus en grande vitesse, vous devez déterminer les causes possibles de ce dysfonctionnement en analysant le schéma électrique.

**Vous disposez : (conditions ressources)**

- Du schéma électrique de câblage du moteur de la CTA. **DT 7 - Page 11/14**
- Des informations suivantes concernant le fonctionnement des moteurs deux vitesses à couplage Dalhander :
  - **Pour un fonctionnement en petite vitesse : les phases L1, L2 et L3 doivent arriver sur les bornes U1, V1 et W1 du moteur.**
  - **Pour un fonctionnement en grande vitesse : les phases L1, L2 et L3 doivent arriver sur les bornes U2, V2 et W2 du moteur ET les bornes U1, V1 et W1 doivent être reliées ensembles.**

<b><u>Vous devez : (travail demandé)</u></b>	<b><u>Critères d'évaluation</u></b>
18) Déterminer quel contacteur doit être alimenté pour avoir un fonctionnement en <b>petite vitesse</b> .	<u>Le contacteur est correctement identifié par son repère.</u>
19) Déterminer quels contacteurs doivent être alimentés pour un fonctionnement en <b>grande vitesse</b> .	<u>Les contacteurs sont correctement identifiés par leur repère.</u>
20) Déterminer sur quel bouton poussoir (S1 ou S2 ou S3) il faut appuyer pour avoir un fonctionnement en <b>petite vitesse</b> .	<u>Le bouton poussoir est correctement identifié.</u>
21) Déterminer sur quel bouton poussoir (S1 ou S2 ou S3) il faut appuyer pour avoir un fonctionnement en <b>grande vitesse</b> .	<u>Le bouton poussoir est correctement identifié.</u>
22) Déterminer les causes possibles pouvant expliquer que le moteur ne fonctionne pas en <b>grande vitesse</b> .	<u>Seules les causes possibles sont cochées.</u>

18 - Pour avoir un fonctionnement en petite vitesse, seul le contacteur **KM1**..doit être alimenté

19 - Pour avoir un fonctionnement en grande vitesse, seul les contacteurs **KM2**.. et **KM3**..... doivent être alimentés.

20 - Pour avoir un fonctionnement en petite vitesse il faut appuyer sur le bouton poussoir .....**S2**..

21 - Pour avoir un fonctionnement en grande vitesse il faut appuyer sur le bouton poussoir ...**S3**...

22 - Cocher dans le tableau suivant les causes possibles pouvant expliquer que le moteur ne fonctionne pas en grande vitesse.

<b><u>Vous devez : (travail demandé)</u></b>	<b><u>Critères d'évaluation</u></b>
23) Déterminer quel contacteur doit être alimenté pour avoir un fonctionnement en <b>petite vitesse</b> .	<u>Le contacteur est correctement identifié par son repère.</u>
24) Déterminer quels contacteurs doivent être alimentés pour un fonctionnement en <b>grande vitesse</b> .	<u>Les contacteurs sont correctement identifiés par leur repère.</u>
25) Déterminer sur quel bouton poussoir (S1 ou S2 ou S3) il faut appuyer pour avoir un fonctionnement en <b>petite vitesse</b> .	<u>Le bouton poussoir est correctement identifié.</u>
26) Déterminer sur quel bouton poussoir (S1 ou S2 ou S3) il faut appuyer pour avoir un fonctionnement en <b>grande vitesse</b> .	<u>Le bouton poussoir est correctement identifié.</u>
27) Déterminer les causes possibles pouvant expliquer que le moteur ne fonctionne pas en <b>grande vitesse</b> .	<u>Seules les causes possibles sont cochées.</u>

**Contexte :**

Avant d'effectuer la mise en service du régulateur solaire, vous devez vérifier le paramétrage du régulateur et terminer le raccordement des sondes.

**Vous disposez : (conditions ressources)**

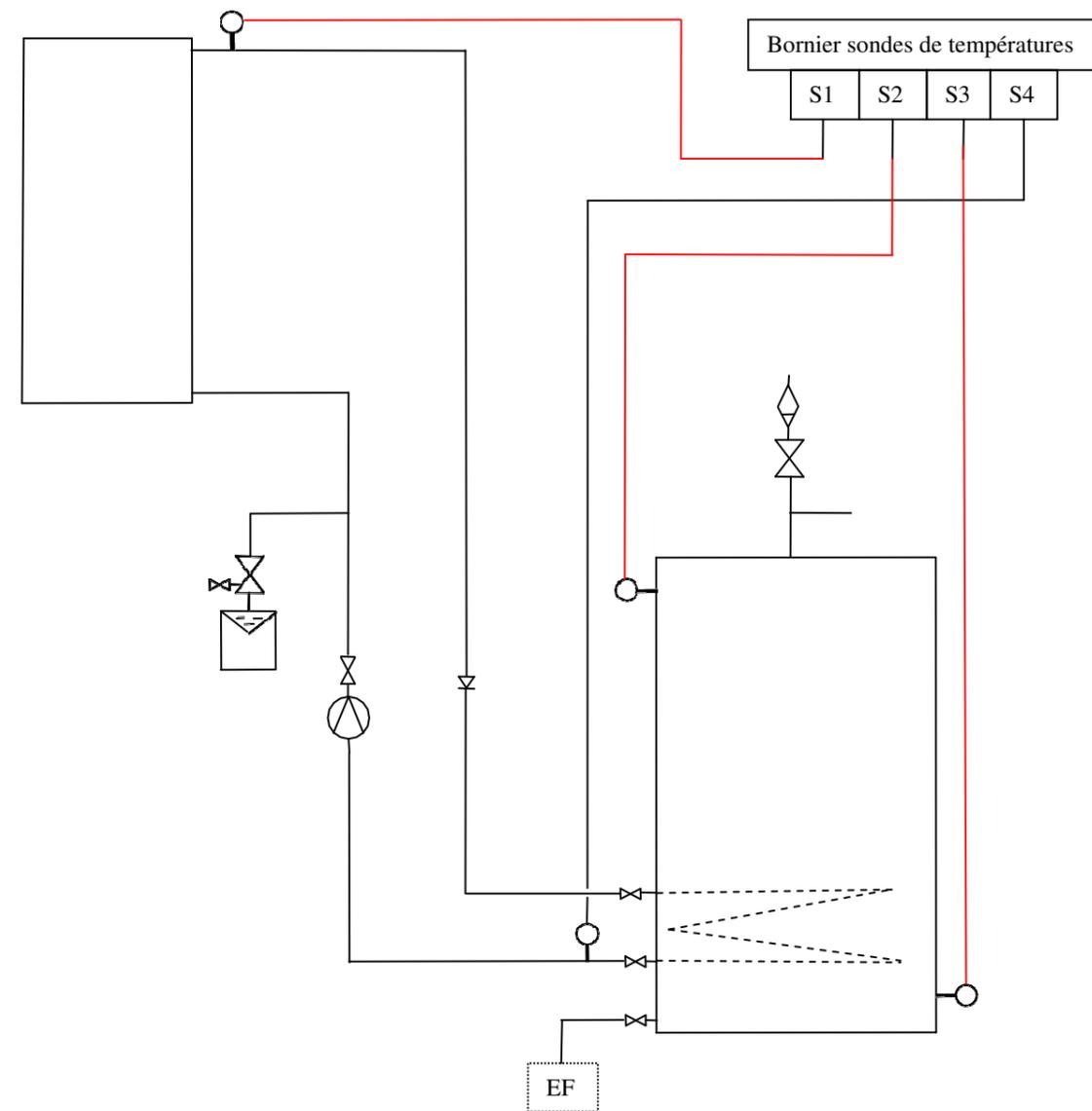
- De la documentation technique du régulateur : **DT 9 - Page 12/14**
- Des informations suivantes :
  - S1 : sonde de température départ capteurs
  - S2 : sonde de température supérieure de réservoir
  - S3 : sonde température inférieure de réservoir
  - S4 : sonde de température pour bilan de quantité de chaleur

<b>Vous devez : (travail demandé)</b>	<b>Critères d'évaluation</b>
23) Déterminer le symbole et le réglage d'usine pour les différents paramètres demandés.	<u>Le symbole et le réglage d'usine indiqués correspondent aux bons paramètres.</u>
24) Dessiner le câble de raccordement des sondes S1, S2 et S3 au bornier du régulateur.	<u>Les sondes sont raccordées aux bonnes bornes.</u>

23 - Compléter le tableau suivant :

Paramètres	Symbole	Valeurs réglées d'usine
Différence de températures entre la sortie du capteur et le bas du ballon pour que le circulateur solaire se mette en service ( <i>branchement</i> )	<b>DTE</b>	<b>6 [°C]</b>
Différence de températures entre la sortie du capteur et le bas du ballon pour que le circulateur solaire s'arrête ( <i>débranchement</i> )	<b>DTA</b>	<b>4 [°C]</b>
Consigne de température ECS au niveau du réservoir (Température maxi réservoir)	<b>SMX</b>	<b>60[°C]</b>
Température limite maxi du capteur	KMX	120[°c]

24 - Dessiner le raccordement des sondes s1, s2, et s3 :



**Contexte :**

Lors de la mise en service de l'adoucisseur, vous devez régler le flotteur de saumure dans le bac à sel et déterminer la consommation de sel afin de prévoir la réserve annuelle à stocker.

**Vous disposez : (conditions ressources)**

- Documentations techniques **DT 1 à DT 3 Pages 2 à 4 /14**
- De la documentation technique de l'adoucisseur permo DATA 7 Bio-system :
  - **DT 10 - Page 13/14**
- Des données suivantes :
  - L'adoucisseur sera en régime de fonctionnement standard
  - La dureté de l'eau est de 40 [°F]
  - La pression du réseau d'eau froide est de 3 [bars]
  - La consommation moyenne d'eau par jour est de 500 [l]

<b>Vous devez : (travail demandé)</b>	<b>Critères d'évaluation</b>
25) Déterminer d'après la documentation technique le nombre de litres que peut traiter l'adoucisseur entre deux régénérations.	<u>Le nombre de litres est déterminé en fonction de la dureté de l'eau et du model d'adoucisseur.</u>
26) Calculer après combien de jours de fonctionnement l'adoucisseur devra-t-il faire une régénération ?	<u>Le calcul est détaillé et l'unité précisée.</u>
27) Déterminer d'après la documentation technique combien de [kg] de sel faut-il par régénération ?	<u>La masse de sel est déterminée pour un fonctionnement standard.</u>
28) Calculer la consommation annuelle de sel en [kg] s'il fait une régénération tous les 3 jours	<u>Le calcul est détaillé et l'unité précisée.</u>
29) Déterminer à l'aide de la documentation technique, à quelle hauteur en [mm] vous allez régler le flotteur de saumure situé dans le bac à sel	<u>La hauteur correspond au modèle et l'unité est précisée.</u>

25 - D'après la documentation technique, le nombre de litres que peut traiter l'adoucisseur entre deux régénérations est de ... **1500 litres** .....

26 - Sachant qu'il peut traiter ..... **1500**.....[litres] entre deux régénérations et que chaque jour il doit traiter ..... **500**.....[litres], l'adoucisseur devra donc faire une régénération au bout de:

..... **1500 / 500 = 3 JOURS** .....

27 - D'après la documentation technique, la masse de sel consommée lors d'une régénération est de ..... **1,8 [kg]** .....

28 - En supposant qu'il fasse une régénération tous les 3 jours, la masse de sel consommée sur une année (365 jours) sera de :

..... **(365 / 3) × 1,8 = 219 [KG]**.....

29 - Le flotteur devra être réglé à une hauteur de ..... **60 [mm]** .....

**Contexte :**

Afin de justifier l'installation des capteurs solaire à votre client, vous devez déterminer les économies réalisées en utilisant cette solution pour préparer l'Eau Chaude Sanitaire.

**Vous disposez : (conditions ressources)**

- Besoin en ECS et apport solaire **DT 11 – Page 14/14**
- Quantité de CO<sub>2</sub> produit par la combustion du gaz : 234 [gCO<sub>2</sub>/kWh]

**Formulaire :**

- Taux de couvertures solaires = apports solaires en [kWh/an] / besoins en ECS en [kWh/an]
- Q de gaz économisé = Q apports solaires sur un an en [kWh]
- Quantité de CO<sub>2</sub> économisé = Quantité de CO<sub>2</sub> produit par la combustion du gaz en [gCO<sub>2</sub>/kWh] × Apports solaire annuel en [kWh/an]

<b>Vous devez : (travail demandé)</b>	<b>Critères d'évaluation</b>
30) Déterminer les apports solaires annuels.	<u>Les apports solaires calculés sont corrects.</u>
31) Déterminer les besoins sur une année.	<u>L'estimation des besoins est juste.</u>
32) Déterminer le taux de couverture annuel en pourcentage (%).	<u>Formule appliquée et résultats corrects.</u>
33) Déterminer la quantité de CO <sub>2</sub> économisée grâce aux panneaux solaires en gramme et en tonne, pour une année.	<u>Formule appliquée et résultats corrects.</u>

30 - À l'aide du tableau, on vous demande de déterminer les apports solaires annuels :

**Apports solaire annuel = 1298 + 1678 + 2679 + 3209 + 3504 + 3541 + 3730 + 3504 + 3090 + 2510 + 1547 + 1192**

**Apports solaire annuel = 31482 [kwh/an]**

31 - Déterminer les besoins :

**Besoin annuel = 5568 + 4961 + 5287 + 4970 + 4941 + 4573 + 4585 + 4606 + 4625 + 5060 + 5159 + 5525**

**Besoin annuel = 59860 [kwh/an]**

32 - Déterminer le taux de couverture annuel :

**Taux de couverture solaires = Apports solaires annuels [kWh/an] / Besoins annuel [kWh/an]**

**Taux de couverture solaire = 31482 / 59 860**

**Taux de couverture solaire = 0,526**

**Le taux de couverture solaire annuel est donc de 52,6%**

33 - Déterminer la quantité de CO<sub>2</sub> économisée grâce aux panneaux solaires en gramme et en tonne, pour année :

**Quantité de CO<sub>2</sub> économisé = Quantité de CO<sub>2</sub> produit par la combustion du gaz x Apports solaire annuel**

**Quantité de CO<sub>2</sub> économisé = 234 \* 31482**

**Quantité de CO<sub>2</sub> économisé = 7366 788 [g/an]**

**Quantité de CO<sub>2</sub> économisé = 7, 367 [t/an]**