



SERVICES CULTURE ÉDITIONS
RESSOURCES POUR
L'ÉDUCATION NATIONALE

**Ce document a été numérisé par le CRDP de Montpellier pour la
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel**

Ce fichier numérique ne peut être reproduit, représenté, adapté ou traduit sans autorisation.

CORRIGE

Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.

BACCALAUREAT PROFESSIONNEL TMSEC TECHNICIEN DE MAINTENANCE DES SYSTEMES ENERGETIQUES ET CLIMATIQUES	SESSION 2010
E1 – EPREUVE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE	
SOUS EPREUVE E.11 : ANALYSE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE D'UNE INSTALLATION	UNITE U11
1006-TMS ST 11 DOSSIER CORRECTION	4H COEF.3

DOSSIER CORRECTION

Pages 2 à 15 / 17 : Proposition de correction

Pages 16 et 17 / 17 : Proposition de barème de point

Document réponse : DR 1a

Les formules doivent être posées, les unités des différents termes mentionnées et les calculs détaillés.

- a) Identification des paramètres permettant de définir les taux de couvertures solaires des mois de juillet et décembre :

Mois de juillet en [kWh/mois] :

Besoins en ECS = 2386 [kWh]

Apports solaires = 1926 [kWh]

Mois de décembre en [kWh/mois] :

Besoins en ECS = 2697 [kWh]

Apports solaires = 427 [kWh]

- b) Détermination des taux de couverture solaire des mois de juillet et de décembre et du tau de couverture solaire annuel :

Tau de couverture solaire du mois de juillet en [%] :

Tau de couverture solaire : $\tau = \text{Apports solaires} / \text{Besoins ECS}$

$$\tau = 1926 / 2386 = 0,8072 \text{ soit } 80,72 \text{ [\%]}$$

Tau de couverture solaire du mois de décembre en [%] :

Tau de couverture solaire : $\tau = \text{Apports solaires} / \text{Besoins ECS}$

$$\tau = 427 / 2697 = 0,1583 \text{ soit } 15,83 \text{ [\%]}$$

Tau de couverture solaire annuel en [%] :

Besoins annuels en ECS = 30027 [kWh]

Apports solaires annuels = 15254 [kWh]

$$\tau = 15254 / 30027 = 0,5080 \text{ soit } 50,80 \text{ [\%]}$$

Interprétation du résultat :

On peut dire que l'installation solaire couvre en moyenne 50 [%] des besoins d'eau chaude sanitaire par an. Le complément est assuré par les chaudières.

Document réponse : DR 1b

Les formules doivent être posées, les unités des différents termes mentionnées et les calculs détaillés.

- c) Calcul de l'économie financière annuelle réalisée sur la facture énergétique :

Besoins annuels en [kWh/an] :

$$\text{Besoins annuels en ECS} = 30027 \text{ [kWh]}$$

Apports solaires annuels en [kWh/an] :

$$\text{Apports solaires annuels} = 15254 \text{ [kWh]}$$

Quantité de fioul économisée annuellement en [litres] :

$$\text{Masse de fioul économisée} = \text{Apports solaires annuels} / \text{PCI}$$

$$M_{\text{fioul}} = 15254 / 11,8 = 1292,71 \text{ [kg}_{\text{fioul}}]$$

$$\text{Volume de fioul} = \text{Masse de fioul} / \text{Masse volumique du fioul}$$

$$V_{\text{fioul}} = 1292,71 / 0,860 = 1503,15 \text{ [litres]}$$

Economie financière réalisée annuellement en [euros] :

$$\text{Economie financière réalisée annuellement} = \text{Volume de fioul économisé} \times \text{prix du litre}$$

$$\text{Economie financière} = 1503,15 \times 0,777 = 1157,42 \text{ [euros]}$$

- d) Détermination de la réduction de CO₂ émise dans l'atmosphère par l'installation en [gramme/an] et en [tonne/an] :

$$\text{Emission de CO}_2 \text{ pour produire 1 [kWh] de puissance énergétique} = 271 \text{ [gCO}_2\text{/kWh]}$$

$$\text{Grâce aux panneaux solaires thermiques, réduction de la puissance énergétique produite par les chaudières} = 15254 \text{ [kWh]}$$

$$\text{Diminution des émissions de CO}_2 = 15254 \times 271 = 4133834 \text{ grammes soit } 4,13 \text{ tonnes par an.}$$

Document réponse : DR 2a

Les formules doivent être posées, les unités des différents termes mentionnées et les calculs détaillés.

a) Recherche des caractéristiques de la chaudière n° 1 et du brûleur n° 1 :

	Marque	Référence	Type	Puissance	Rendement
CHAUDIERE	<i>Chappée</i>	<i>NX3-34</i>	Sol	<i>90 kW</i>	<i>93,9 %</i>
BRULEUR	<i>Cuenod</i>	<i>C14 H201</i>	Fuel 2 allures	<i>70 - 98 kW</i>	X

b) Vérification des débits massiques de fioul en 1^{ère} et en 2^{ème} allure et sélection du gicleur :

Vérification des débits massiques en [kg_{fioul}/h]:

	Type	P.C.I (kWh/kg _{fioul})	P.C.S (kWh/kg _{fioul})
COMBUSTIBLE	Fioul	11,8	X
Débit massique (kg/h)	1 ^{ère} Allure ► $Q_{mas} = P_{brûleur} / PCI$; $Q_{mas 1} = (0,705 \times 98) / 11,8 = 5,855 \text{ [kg}_{fioul}/h]$ 2 ^{ème} Allure ► $Q_{mas} = P_{brûleur} / PCI$; $Q_{mas 2} = 98 / 11,8 = 8,3 \text{ [kg}_{fioul}/h]$		

Sélection du gicleur :

	Marque	Angle de pulvérisation*				Débit massique (US _{GAL} /h)
		30°	45°	60°	80°	
GICLEUR	Danfoss S ou Monarch R		X			1,50

* Mettre une **X** dans la colonne de l'angle de pulvérisation sélectionné.

Document réponse : DR 2b

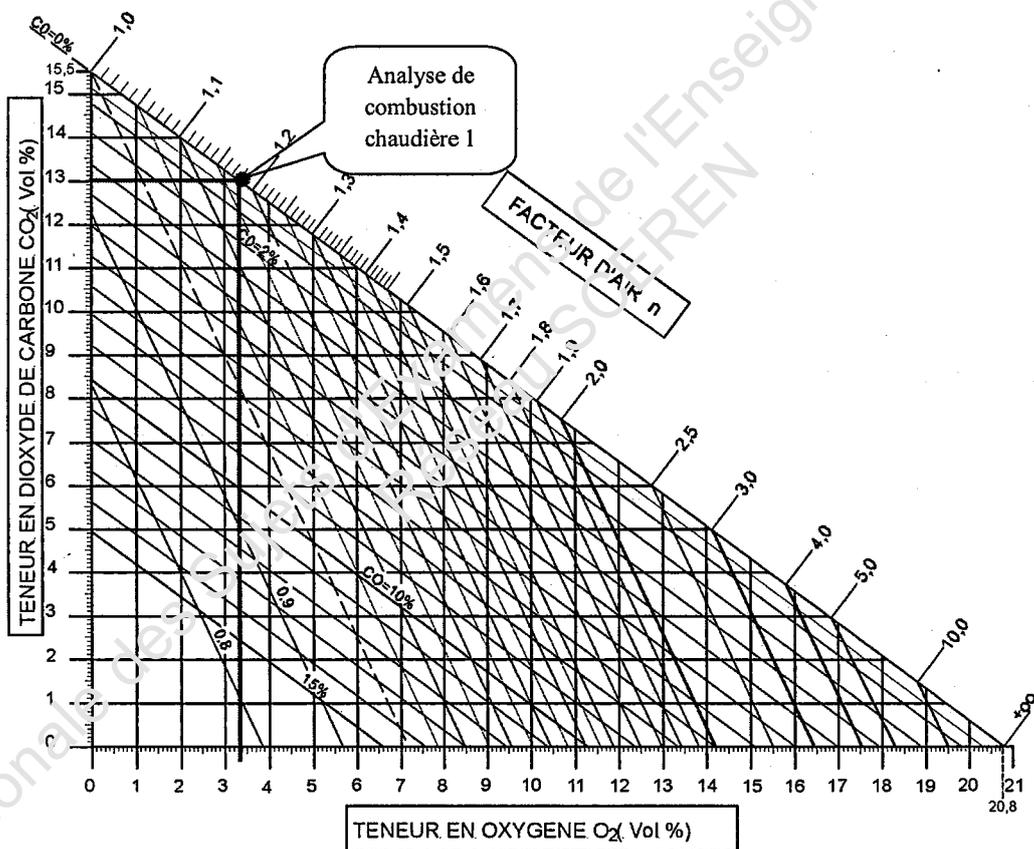
c) Analyse et détermination du type de combustion :

Implantation à faire sur le diagramme d'Oswald

	CO ₂ [%]	O ₂ [%]	CO [%]	Excès d'air [%]	Manque d'air [%]
Ch. 1	13	3,4	0	1,8	X

Type de combustion Chaudière 1 :

La combustion est de type complète avec excès d'air ou complète oxydante avec excès d'air



d) Calcul du rendement de combustion en [%] et interprétation des relevés :

$$\text{Formule de Siévert : } \eta_{\text{comb}} = 100 - (0,56 \times (T_{\text{fumées}} - T_{\text{amb}})) / (\% \text{ CO}_2)$$

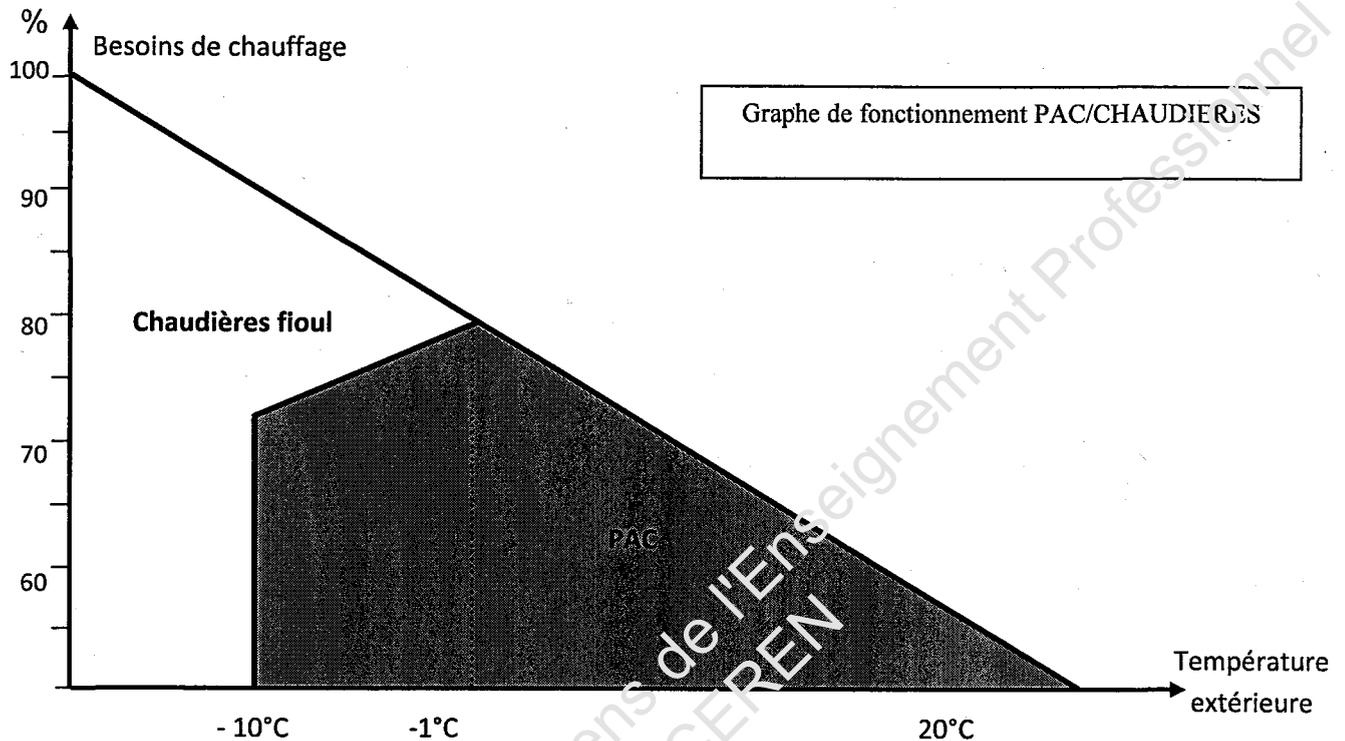
$$\eta_{\text{comb}} = 100 - (0,56 \times (160 - 25)) / 13 = 94,18 \text{ [%]}$$

Bon rendement de combustion / Pas de production de CO, le risque pour l'homme est nul.

Il n'y a pas nécessité de pratiquer un entretien de l'ensemble chaudière/brûleur.

Document réponse : DR 2c

e) Analyse du fonctionnement de la PAC en relèvement des chaudières et interprétation :



La pompe à chaleur a pour but de réduire la facture d'énergie de l'utilisateur. En effet, pour 1 kW de puissance consommée, on a 3 kW de puissance calorifique produite. En effet lorsque la température extérieure est comprise entre 20°C et -1°C, c'est à ce moment que le COP Chaud est intéressant et qui permet un fonctionnement seul de la PAC.

Entre -1 °C et -10 °C de température extérieure, la PAC ne fonctionnera plus seule, la chaudière compensera la puissance manquante.

Enfin, si la température extérieure est inférieure à -10°C, la chaudière fonctionnera seule et la PAC sera mise à l'arrêt. En dessous de cette température, la PAC a un COP pratiquement égal à 1 soit 1 kW consommé pour 1kW produit.

Document réponse : DR 3

Les formules doivent être posées, les unités des différents termes mentionnées et les calculs détaillés.

a) Identification et fonction de certains éléments de l'installation :

Repère	Désignation	Fonction
⑭	<i>Bouteille de découplage hydraulique</i>	<i>Supprimer les interférences hydrauliques entre le circuit production et les circuits distribution</i>
⑯	<i>Vase d'expansion</i>	<i>Absorber les variations de volume d'eau chaude de l'installation dues à l'augmentation de la température et à ses restitués lors du refroidissement</i>
⑰	<i>Vanne 3 voies de régulation</i>	<i>Composant de la chaîne de régulation, elle permet d'obtenir la température désirée au circuit radiateurs Bât. B</i>
⑳	<i>Echangeur à plaques</i>	<i>Transmettre la puissance nécessaire au ballon d'ECS. Isoler le circuit distribution eau chaude du circuit d'ECS</i>

b) Recherche des caractéristiques des radiateurs et détermination de la puissance totale à fournir au circuit radiateurs du Bât. B :

Bureaux	Nombre radiateurs	Nombre d'éléments par radiateur	Puissance d'un élément (en Watt)	Puissance d'un radiateur (en Watt)	Puissance installée (en Watt)
Secrétaire	2	20	84,6	1692	3384
Principal	1	20	84,6	1692	1692
Conseiller	2	18	84,6	1522,8	3045,6
Surveillant	1	18	84,6	1522,8	1522,8

Puissance totale à fournir au circuit radiateur

des bureaux du bâtiment B (Bât. B) : $P_{\text{totale}} = 9644,4 \text{ [W]}$

c) Détermination du débit volumique en [m³/h] de la pompe repérée ⑰ :

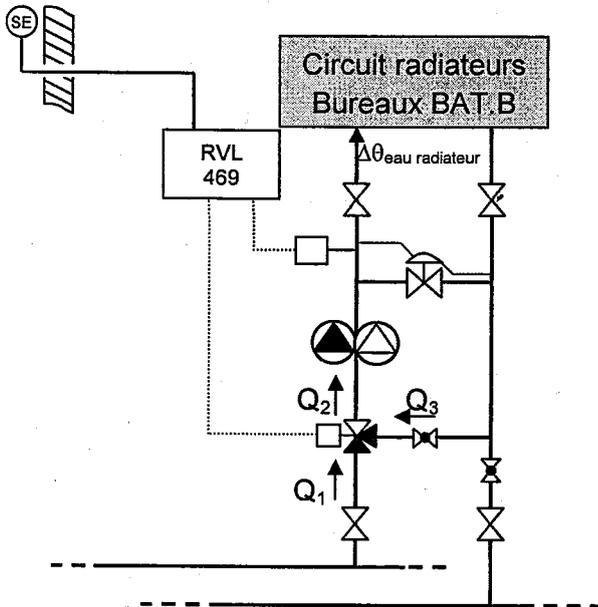
$$P = Q_v \cdot \rho_{\text{eau}} \cdot C_{\text{eau}} \cdot \Delta T$$

avec $P = 10 \text{ [kW]}$; $\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ [kg/m}^3\text{]}$; $C_{\text{eau}} = 4,185 \text{ [kJ/kg.K]}$; $\Delta T = 10 \text{ [K]}$

$$Q_v = P / (\rho_{\text{eau}} \cdot C_{\text{eau}} \cdot \Delta T) = 10 / (1000 \cdot 4,185 \cdot 10) = 2,40 \cdot 10^{-4} \text{ [m}^3\text{/s]} \text{ soit } Q_v = 0,86 \text{ [m}^3\text{/h]}$$

Document réponse : DR 4a

a) Répartition des débits volumiques (en %) à travers la V3V du circuit radiateurs Bât. B :

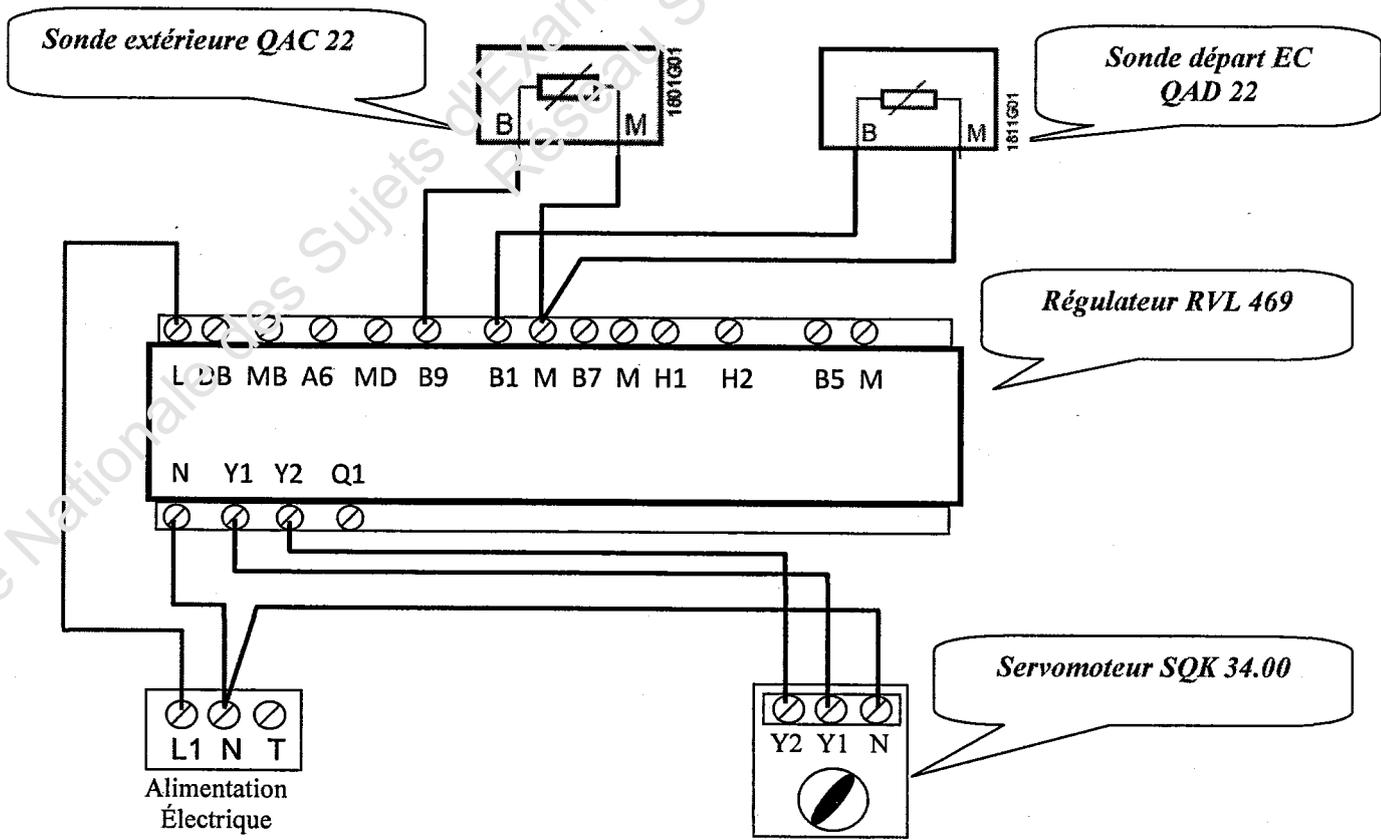


Type de montage de la vanne 3 voies :
Vanne montée en mélange

Variations des débits	Besoins en chauffage	
	Maxi.	Nuls
Q1 (%)	100	0
Q2 (%)	100	100
Q3 (%)	0	100
$\Delta\theta_{\text{eau radiateur}} (^{\circ}\text{C})$	10	0

Q1, Q2 et Q3 sont les débits du circuit radiateurs.

b) Réalisation du schéma de câblage de la régulation et précision sur les éléments la composant :



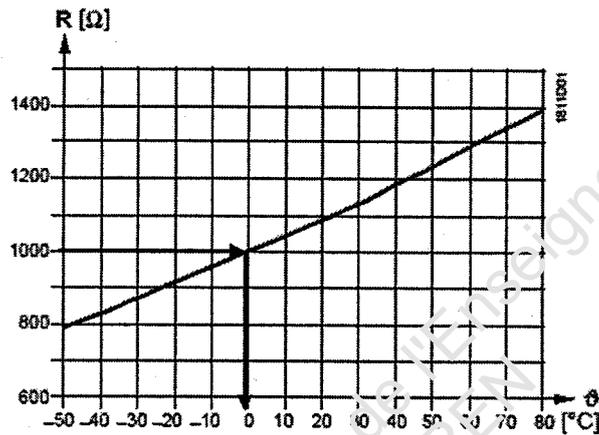
Document réponse : DR 4b

Les formules doivent être posées, les unités des différents termes mentionnées et les calculs détaillés.

- c) Recherche de la température de départ du circuit radiateurs et détermination de la pente de « la courbe de chauffe » :

Détermination de la température de départ circuit radiateurs :

Caractéristique :



Pour $R_{\text{sonde extérieure}} = 1000 [\Omega]$, la température extérieure est de $0 [^{\circ}\text{C}]$

T° départ eau (°C)

RVI 463

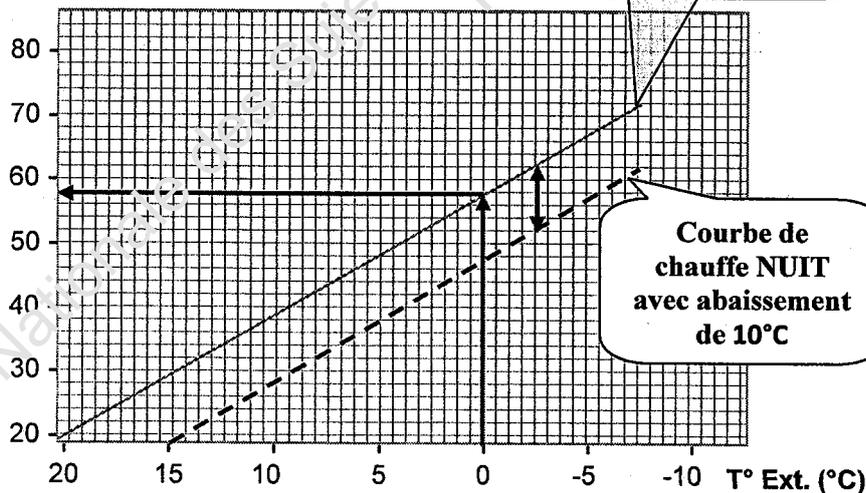
Courbe de chauffe
JOUR

Pente :

$$a = \Delta y / \Delta x$$

$$a = (57 - 20) / (20 - 0)$$

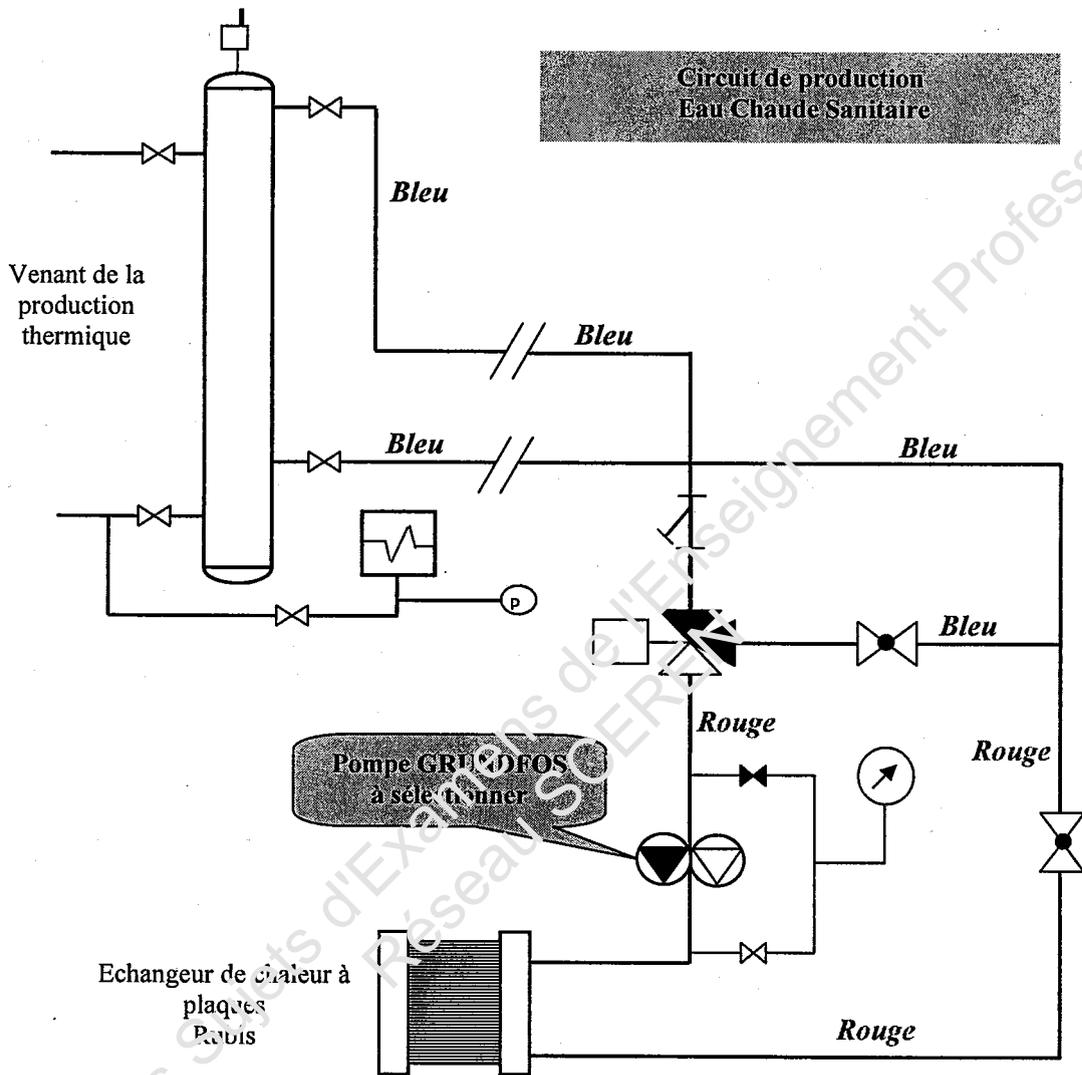
$$a = 1,85$$



Pour $R_{\text{sonde extérieure}} = 1000 [\Omega]$, la température de départ chauffage circuit radiateurs est de $57 [^{\circ}\text{C}]$

Document réponse : DR 5a

a) Identification des circuits d'eau à débit variable (en bleu) et à débit constant (en rouge) :



Document réponse : DR 5b

Les formules doivent être posées, les unités des différents termes mentionnées et les calculs détaillés.

b) Calcul des pertes de charges linéaires et singulières. Déduction de la perte de charge totale :

ΔP totale = ΔP Linéaire + ΔP Singulière	
ΔP Linéaire	Q_v théorique en [m ³ /h] : 1,44 Longueur de tuyauterie [m] : 30 j en [mmCE/m] : 21 ΔP linéaire en [mCE] : $\Delta P \text{ linéaire} = 0,021 \times 30 = 0,63 \text{ [mCE]}$
	15% ΔP Linéaire en [mCE] $\Delta P = (0,63 / 100) \times 15 = 0,0945 \text{ [mCE]}$
ΔP Singulières	Échangeur à plaques en [mCE] 8,1 [mCE]
	Vanne 3 voies en [mCE] 0,2 [mCE]
ΔP Totale en [mCE]	$0,63 + 0,0945 + 8,1 + 0,2 = 9,02 \text{ [mCE]}$

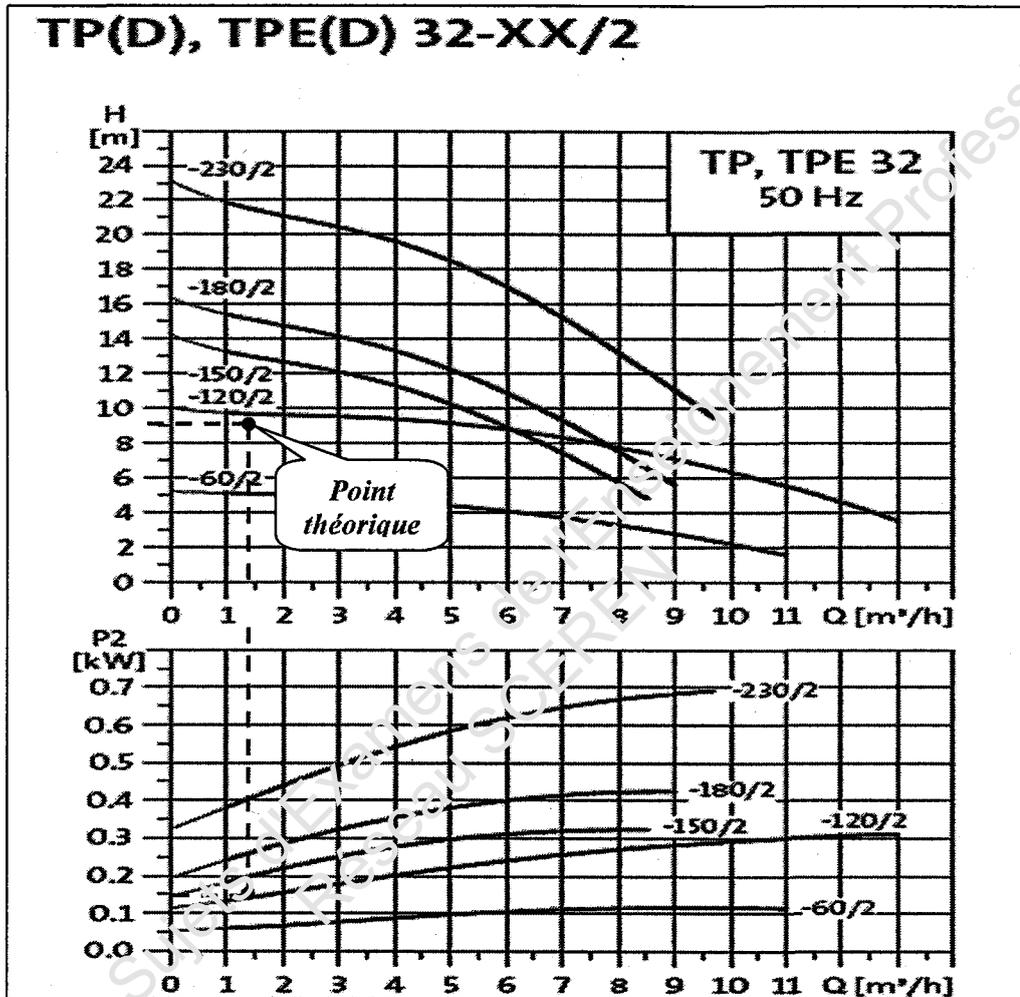
c) Position du point de fonctionnement théorique (les tracés doivent être réalisés sur le courbier) :

Implantation à réaliser sur le courbier DR 5c

d) Sélection et caractéristiques hydraulique et électriques de la pompe adaptée à l'installation (les tracés doivent être réalisés sur le courbier) :

Marque	Référence	Hmt (mCE)	Q_v (m ³ /h)	Puissance (Watt)
GRUNDFOS	TPD 32-120 / 2	9,5	1,44	140

Abaque de pompe GRUNDFOS



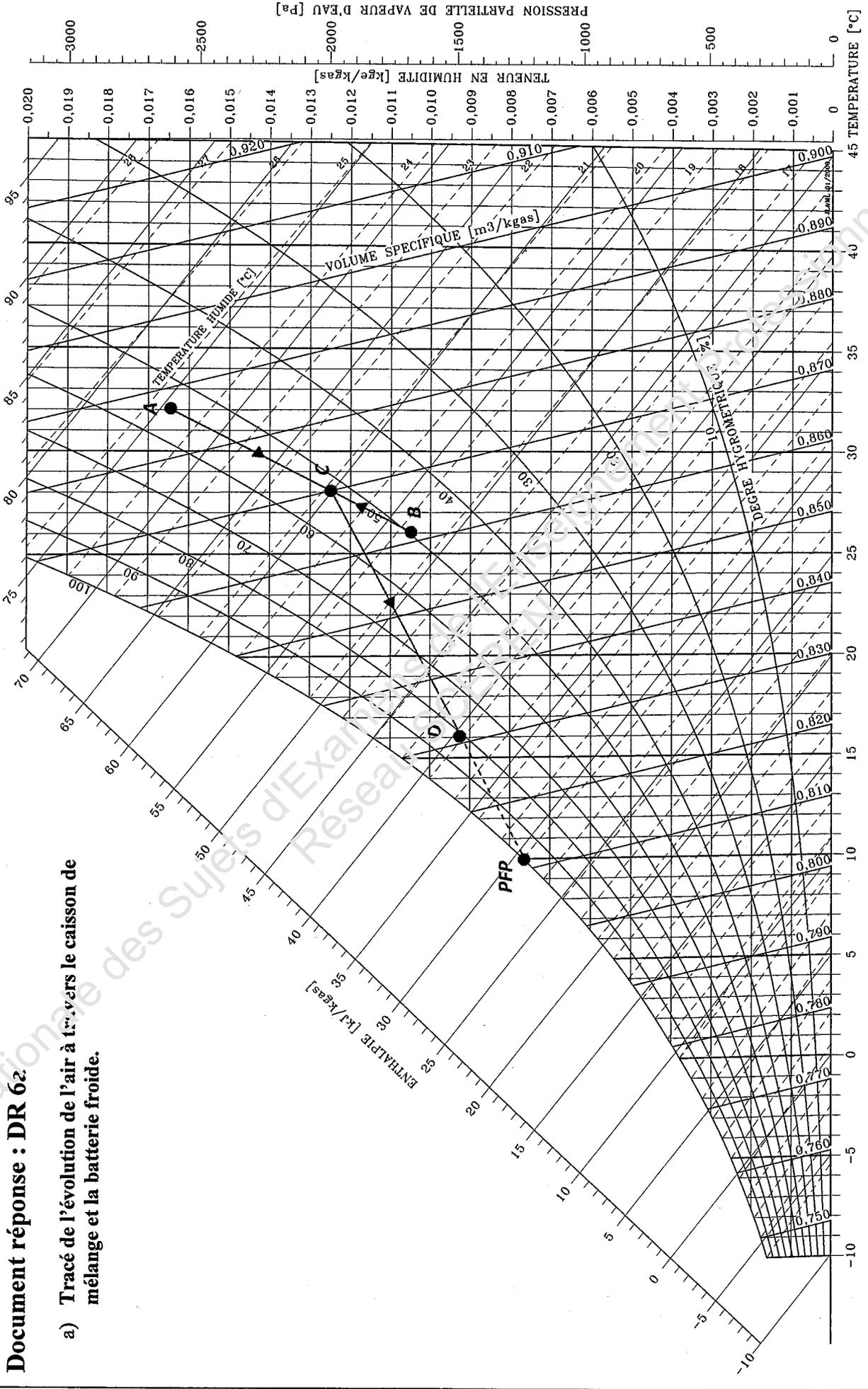
Désignation	TP	E	D	65	-120	/2
Exemple						
Pompes monocellulaires in-line						
Electronique (à variation de vitesse) séries 1000 et 2000						
Double						
Diamètre nominal des brides d'aspiration et de refoulement (DN)						
Hauteur manométrique maxi (dm)						
Nombre de pôles du moteur						

DIAGRAMME DE L'AIR HUMIDE

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

Document réponse : DR 62

a) Tracé de l'évolution de l'air à travers le caisson de mélange et la batterie froide.



Document réponse : DR 6b

Les formules doivent être posées, les unités des différents termes mentionnées et les calculs détaillés.

b) Relevés des caractéristiques de l'air aux différents points de mesures :

		$\theta_{s\grave{e}che}$ (°C)	h (kJ/kg _{as})	HR (%)	x (kg _{eau} /kg _{as})
E	Extérieur	32	74,6	55	0,0166
L	Local	26	53	50	0,0105
M	Mélange	28	60,5	53	0,0126
S	Sortie Batterie Froide	16	39,5	81	0,0092
P.F.P ou A.D.P		10	29,4	100	0,0076

c) Détermination de l'efficacité de la batterie froide en [%] :

$$\text{Efficacité} = (h_e - h_s) / (h_e - h_{adp})$$

$$\text{Efficacité} = (60,5 - 39,5) / (60,5 - 29,4) = 0,675$$

$$\text{Efficacité} = 0,675 \times 100 = 67,5 \text{ [%]}$$

L'efficacité de la batterie froide est de 67,5 [%]

d) Détermination de la puissance de la batterie froide en [kW] :

$$P_{bf} = q_{mas} \times (h_s - h_e) \quad \text{et} \quad q_{mas} = G \times \rho_{air}$$

$$q_{mas} = (2850 \times 1,2) / 3600 = 0,95 \text{ [kg}_{as}/s]$$

$$P_{bf} = 0,95 \times (39,5 - 60,5) = - 19,95 \text{ [kW]}$$

La puissance de la batterie froide est de 19,95 [kW]

e) Analyse des résultats et conclusion :

ANALYSE	DYSFONCTIONNEMENTS POSSIBLE
<p>Température ambiante de 26 [°C] au lieu de 24 [°C].</p> <p>Débit de soufflage de 2850 [m³/h] au de lieu 5700 [m³/h].</p> <p>Diminution de la puissance de la batterie froide de 19,95 [kW] au lieu de 41 [kW].</p>	<p>Dysfonctionnement des registres du caisson de mélange</p> <p>Encrassement des filtres à air.</p> <p>Dysfonctionnement du ventilateur de soufflage (courroie de transmission).</p>

Document réponse : DR 7

Les formules doivent être posées, les unités des différents termes mentionnées et les calculs détaillés.

a) Analyse des documents de l'ADEME :

Proportion de métaux de récupération dans la production d'acier 2006 : 42 [%]

Tonnage de métaux de récupération dans la production d'acier 2006 :

Production française totale d'acier en 2006 : 19 millions de tonnes

Tonnage de métaux de récupération dans la production française totale d'acier en 2006 :

(19 millions de tonnes x 42) / 100 = 7,98 millions de tonnes

Objectif minimal de valorisation des déchets du BTP non dangereux de BTP : 70 [%]

b) Calcul de la masse d'acier contenue dans la benne et de sa valeur de rachat :

Masse d'acier en [tonne] contenue dans la benne :

Volume utile de la benne : 8 [m³]

Volume d'acier contenu dans la benne : 19 [%] du volume utile de la benne

Volume d'acier = (8 x 19) / 100 = 1,52 [m³]

Masse volumique de l'acier : 7875 [kg/m³]

Masse d'acier = Volume d'acier x Masse volumique de l'acier

Masse d'acier = 1,52 x 7875 = 11970 [kg]

Valeur de rachat en [euros] :

Valeur de rachat = Masse d'acier x prix unitaire

Prix moyen de rachat de l'acier : 80 [euros / tonne]

Valeur de rachat = 11970 x 80 = 957,60 [euros]

c) Définition du terme « énergie grise » et quantité d'énergie nécessaire de la production à l'élimination de l'acier :

Définition du terme « énergie grise » :

L'énergie grise est l'énergie nécessaire à un service, ou à la fabrication d'un bien, incluant l'extraction, la transformation, la commercialisation (emballage, transport, stockage et vent) jusqu'au stade ultime de son élimination.

Quantité d'énergie nécessaire de la production à l'élimination de 1,5 [m³] d'acier :

Energie grise de l'acier : 60000 [kWh/m³]

Quantité d'énergie grise = 60000 x 1,5 = 90000 [kWh]

CORRIGE DESTINE AU CENTRE DE CORRECTION

Critères d'évaluation U11

L'intégralité des points sera accordée si le résultat est juste et l'ensemble des calculs développés.

Les formules indiquées (0,25 pt), les unités indiqués (0,25 pt) et les calculs développés (0,25 pt).

1°/ SOLAIRE THERMIQUE

sur 15 points

- | | |
|---|---------|
| a) Besoins en ECS juillet | 0,75 pt |
| Apports solaires juillet | 0,75 pt |
| Besoins en ECS décembre | 0,75 pt |
| Apports solaires décembre | 0,75 pt |
| b) Tau de couverture solaire juillet (formule + calcul) | 1 pt |
| Tau de couverture solaire décembre (formule + calcul) | 1 pt |
| Tau de couverture solaire annuelle (formule + calcul) | 1 pt |
| Interprétation du résultat est juste | 1,5 pt |
| c) Besoins annuels | 1 pt |
| Apports solaires annuels | 1 pt |
| Quantité de fioul économisée (formule + calcul) | 2 pts |
| Economie financière réalisée (formule + calcul) | 1,5 pt |
| d) Réduction de CO ₂ émis dans l'atmosphère en gramme/an | 1,5 pt |
| Réduction de CO ₂ émis dans l'atmosphère en tonne/an | 0,5 pt |

2°/ PRODUCTION THERMIQUE

sur 15 points

- | | |
|---|---------|
| a) Chaque réponse correcte vaut 0,3 point, sauf marque chaudière et brûleur 0,25 pt | 2 pts |
| b) Débit massique de fioul allure 1 (formule + calcul) | 1 pt |
| Débit massique de fioul allure 2 (formule + calcul) | 1 pt |
| Marque, type, angle de pulvérisation du gicleur et débit massique fioul | 1 pt |
| c) Chaque réponse correcte vaut 0,25 point | 0,5 pt |
| Le type de combustion est identifié | 0,75 pt |
| Le point de combustion est correctement placé sur le diagramme | 0,75 pt |
| d) Le rendement de combustion est juste (formule + calcul) | 2 pts |
| L'interprétation du résultat est juste | 1 pt |
| e) L'analyse est juste et détaillée. Les 3 phases de fonctionnement sont expliquées | 5 pts |

3°/ ANALYSE DE L'INSTALLATION

sur 10 points

- | | |
|--|-------|
| a) Chaque élément identifié vaut 0,25 point | 1 pt |
| Chaque fonction citée correctement vaut 0,5 point | 2 pts |
| b) Chaque valeur identifiée vaut 0,25 point | 4 pts |
| La puissance totale à fournir est déterminée | 1 pt |
| c) Le débit volumique est déterminé (formule + calcul) | 2 pts |

4°/ REGULATION

sur 20 points

- a) Le type de montage de la V3V est identifié. 1 pt
Le tableau est complété correctement (0,5 par valeur attendue) 4 pts
- b) Le schéma de câblage est juste et propre. 5 pts
Sinon, attribuer 0,5 point par fil placé correctement
Chaque élément identifié correctement vaut 0,5 point 2 pts
- c) La température extérieure identifiée est juste 1,5 pt
La température de départ est juste à ± 1 °C 2 pts
La pente de la courbe de chauffe est juste (formule + calcul) 2,5 pts
- d) Le tracé de la courbe de chauffe en mode inoccupation est correct (l'abaissement de nuit de 10 °C est respecté) 2 pts

5°/ HYDRAULIQUE

sur 15 points

- a) Le circuit à débit variable est identifié. 1 pt
Le circuit à débit constant est identifié. 1 pt
- b) Les pertes de charge linéaires sont justes (0,5 par valeur) 2 pts
Les pertes de charge singulières (15 % du linéaire) sont justes. 1 pt
La perte de charge de l'échangeur est juste. 2 pts
La perte de charge de la V3V est juste. 2 pts
La perte de charge totale est juste. 1 pt
- c) Le point de fonctionnement Théorique de la pompe est placé sur le courbier avec précision 2 pts
Si les tracés sur le courbier ne sont pas réalisés, attribuer la moitié des points
- d) Les différentes paramètres sont identifiés et justes 0,6 point par paramètre attendu 3 pts
Si les tracés sur le courbier ne sont pas réalisés, attribuer la moitié des points au Q_v , hmt et puissance

6°/ TRAITEMENT DE L'AIR

sur 17,5 points

- a) Les 5 points permettant de tracer l'évolution de l'air sont placés correctement 2,5 pts
Les 5 points sont identifiés sur le diagramme de l'AH 0,5 pt
L'évolution à travers le caisson de mélange est correcte, le sens de l'évolution mentionné 1 pt
L'évolution à travers la batterie froide est correcte, le sens de l'évolution mentionné 1 pt
- b) Les valeurs relevées sont justes (0,2 pt pour chaque valeur, sauf point PFP 0,1 pt par valeur) 3,5 pts
- c) L'efficacité de la batterie froide est comprise entre 66 et 69 % (formule + calcul) 2 pts
- d) La puissance de la batterie froide est juste à ± 5 % (formule + calcul) 2 pts
- e) L'analyse du fonctionnement est correcte. Les causes possibles sont indiquées 5 pts
Si les causes ne sont pas mentionnées, attribuer que la moitié des points.

7°/ GESTION DES DECHETS

sur 7,5 points

- a) La proportion de métaux de récupération exprimée en % est juste 0,5 pt
La proportion de métaux de récupération exprimée en tonne est juste (calcul développé) 1 pt
L'objectif minimal de valorisation est juste 0,5 pt
- b) La masse d'acier contenue dans est juste (formule + calcul) 2 pts
La valeur de rachat de l'acier récupérée est juste 1 pt
- c) La définition de l'énergie grise est correcte 1,5 pt
La quantité d'énergie nécessaire de la production à l'élimination est juste 1 pt