



Sciences et technologies de l'Industrie et du développement durable

EE : Énergie et environnement

EE4.3 – Pompe à chaleur – Calcul du COP

Concepteurs: Académie Toulouse

- Olivier Fouché
- Olivier Plouviez
- Fernand Rodrigues-Dos-Reis

Activités sur maquette :

Les activités consistent à mesurer à tous les niveaux les échanges d'énergie, à tracer les cycles associés et à en déduire les différents rendements.

Nous proposons de faire ses activités sur trois systèmes différents

a. Système PAC de chez SPEN

Les mesures nécessaires sont :

- Les températures de l'air à l'entrée et en sortie de l'évaporateur
- L'hygrométrie de l'air en entrée et en sortie de l'évaporateur
- Le débit de l'air dans l'évaporateur
- Les températures du fluide calorporteur en entrée et sortie du compresseur et du détendeur.
- Les pressions du fluide
- Les températures de l'eau en entrée et sortie du condenseur
- Le débit de l'eau
- Consommation électrique



Photo SPEN



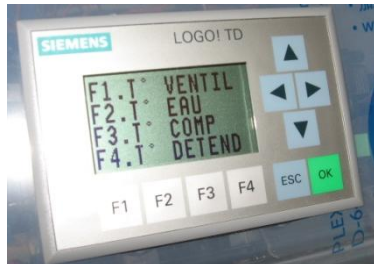
Sciences et technologies de l'Industrie et du développement durable

Mesure des températures :

La maquette SPEN est équipée de sondes de température. Leurs valeurs sont accessibles via l'afficheur



Choisir F1

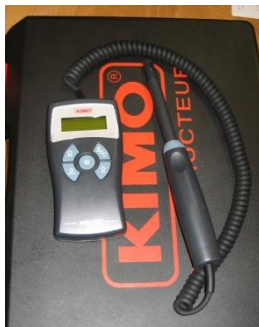


Choisir les températures à visualiser



Exemple des températures de l'air

Les débits sont donnés dans les documentations
L'hygrométrie est mesurée sur la maquette



Appareil de mesure



Mesure à l'entrée de l'évaporateur



Mesure en sortie de l'évaporateur



Sciences et technologies de l'Industrie et du développement durable

Récapitulatifs des mesures à un point de fonctionnement :

Remarque : lorsque l'eau monte en température, les pressions du fluide calorporteur varient pour s'équilibrer thermiquement (donc les mesures doivent être faites en même temps)

Mesures		Valeurs
Basse Pression		2,6 bars
Haute Pression		7,5 bars
Ventilateur 280m ³ /h	Entrée	18°C, 59,1% Hr
	Sortie	15°C, 68,2% Hr
Eau 41 l/h	Entrée	27,8°C
	Sortie	30,3°C
Compresseur Puissance 102BTU/h	Entrée	9,5°C
	Sortie	33°C
Détendeur	Entrée	24,5°C
	Sortie	8,8°C
Consommation électrique		Electronique 21VA Total 181VA

1^{ère} étape : Tracé du diagramme enthalpique ([Diagramme vierge](#))

D'après ce diagramme :

Chaleur donnée dans le condenseur : $Q_{\text{cond}} = 417 - 239 = 178$ kJ/kg

Chaleur absorbé dans l'évaporateur : $Q_{\text{evap}} = 399 - 239 = 160$ kJ/kg

Travail du compresseur : $W_{\text{comp}} = 417 - 403 = 14$ kJ/kg

Les caractéristiques du compresseur est 102 BTU/h.

Un BTU correspond à 0,293Wh donc 102BTU/h=29,8W

Or la puissance du compresseur est $P_{\text{comp}} = \text{Débit}_{\text{fluide}} * W_{\text{comp}}$

Donc $\text{Débit}_{\text{fluide}} = 29,8 / 14000 = 0,00213$ kg/s soit 7,68kg/h

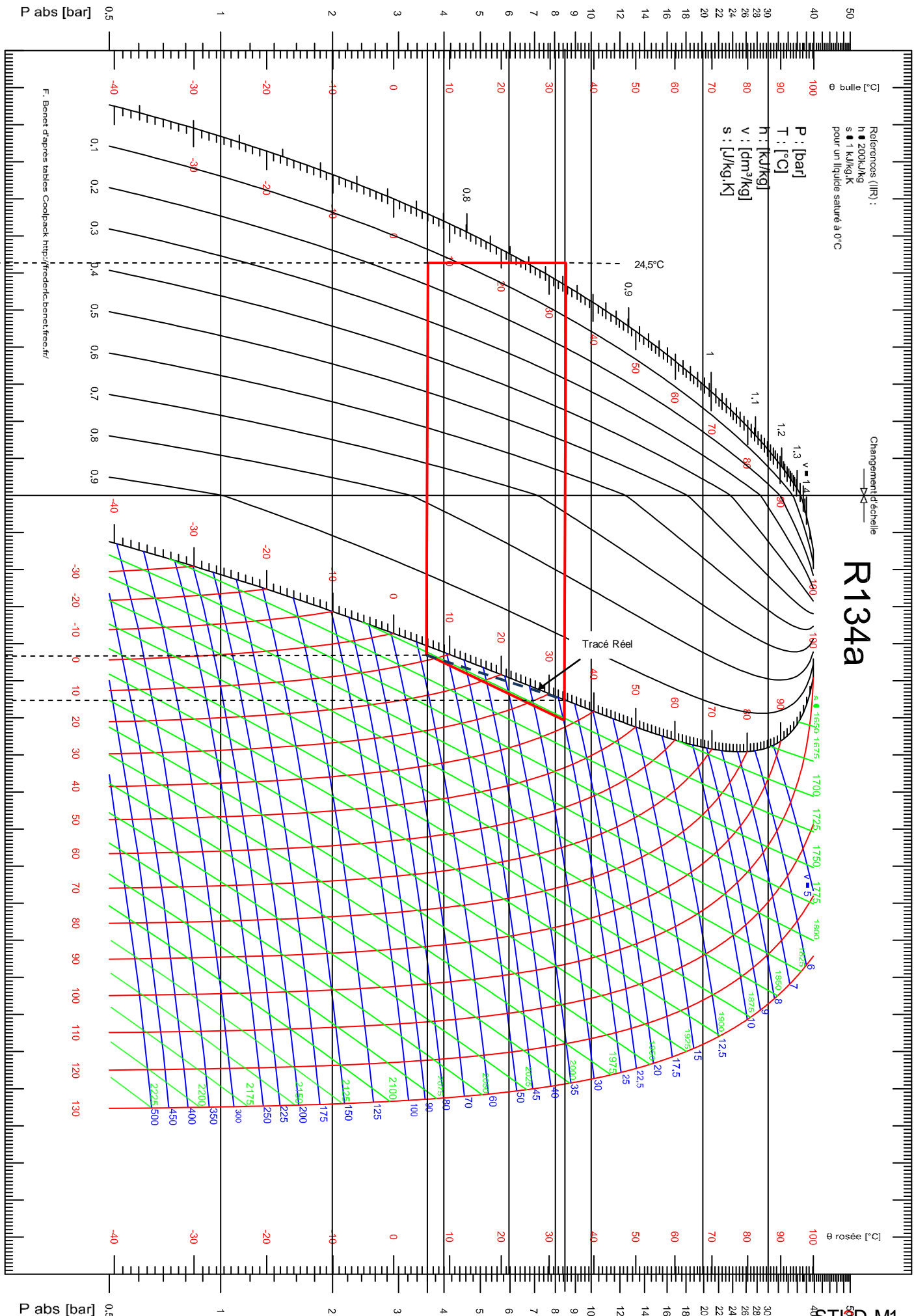
120 160 200 240 280 320 360 380 400 420 440 460 480 500 520 540 560

Refrancos (l/R) :
h ■ 200kJ/kg
s ■ 1 kJ/kg·K
pour un liquide saturé à 0°C

Changement d'échelle

R134a

STI2D-M1

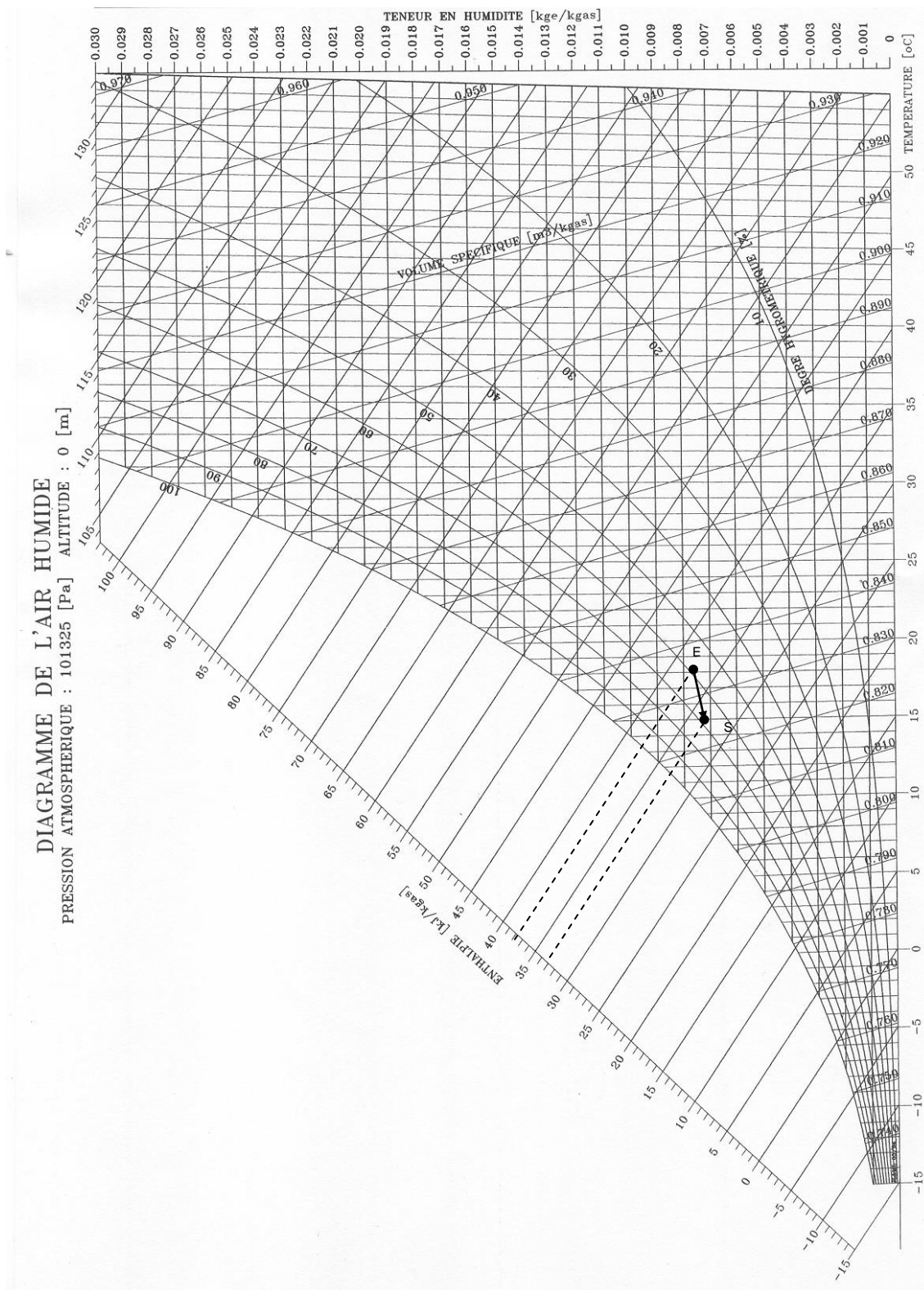


F. Benoit d'après tables Coolpack <http://frederic.benoit.free.fr/>



Sciences et technologies de l'Industrie et du développement durable

2^{ème} étape : Tracé du diagramme psychrométrique ([diagramme vierge](#))





Sciences et technologies de l'Industrie et du développement durable

D'après ce diagramme :

Chaleur cédée par l'air : $Q_{\text{air}}=38-33=5 \text{ kJ/kgair}$

Puissance cédée par l'air : $P_{\text{air}}=Q_v * Q_{\text{air}}/v_s$

$Q_v=280\text{m}^3/\text{h}=77,710^{-3}\text{m}^3/\text{s}$

$v_s=0,825\text{m}^3/\text{kgair}$

Donc **$P_{\text{air}}=466\text{W}$**

3^{ème} étape : Puissance reçue par l'eau

$P_{\text{eau}}=Q_{\text{cm}}\Delta T$ avec $Q_{\text{cm}}=\text{debit}$. Chaleur massique de l'eau (4185 J/kg/°C)

Remarque : 1l d'eau = 1kg d'eau

$P_{\text{eau}}=41/3600 * 4185 * (30,3-27,8)$

$P_{\text{eau}}=119\text{W}$

4^{ème} étape : Calcul des rendements

Rendement de l'évaporateur :

$P_{\text{evap}}=\text{Débit}_{\text{fluide}} * Q_{\text{evap}}=341\text{W}$

$\eta_{\text{evap}}=P_{\text{evap}}/P_{\text{air}}=73,1\%$

Rendement du condenseur :

$P_{\text{cond}}=\text{Débit}_{\text{fluide}} * Q_{\text{cond}}=379\text{W}$

$\eta_{\text{cond}}=P_{\text{eau}}/P_{\text{cond}}=31,4\%$

COP de la PAC au point de mesure : $P=P_{\text{eau}}/P_{\text{élec}}=119/160=0.74$

Autre méthode possible en utilisant la puissance.

Il suffit de laisser tourner la PAC en notant la température de départ de l'eau. A la fin de la mesure, on relève la température finale et l'énergie absorbée au niveau du compteur.

Exemple de relevé :

Volume d'eau : 15,2l

Températures de départ et finale : 22,8°C/40,8°C

Energie consommée : 0,4 kWh

Énergie reçue par l'eau : $V(\text{en kg}) * C_{\text{massique-eau}} * \Delta T=15,2 * 4185 * 18 =$

$1143509\text{J}=0.371 \text{ kWh}$

$\text{COP}=0.371/0.4=0.92$

Remarque : La documentation annonce un COP de 1,9 avec une différence de température de 6°C dans l'échangeur à plaques pour l'eau.



Sciences et technologies de l'Industrie et du développement durable

b. Système PAC de chez Didatec STE100

Les essais sont identiques à la maquette SPEN.
Sur ce système, les mesures peuvent être récupérées par des sorties analogiques et traitées avec LabView par exemple.
Le bac peut être refroidi en eau perdue ou bien par un système aérothermique.



Photo Didatec

c. Système Climatisation de chez Didatec

C'est un système de climatisation que nous utilisons avec nos élèves de secondes en ISP.
C'est une climatisation air/air par split.
En réalisant les mêmes mesures que pour l'activité SPEN, on en déduisait l'efficacité énergétique.

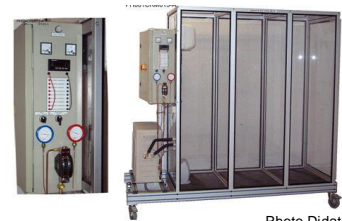


Photo Didatec