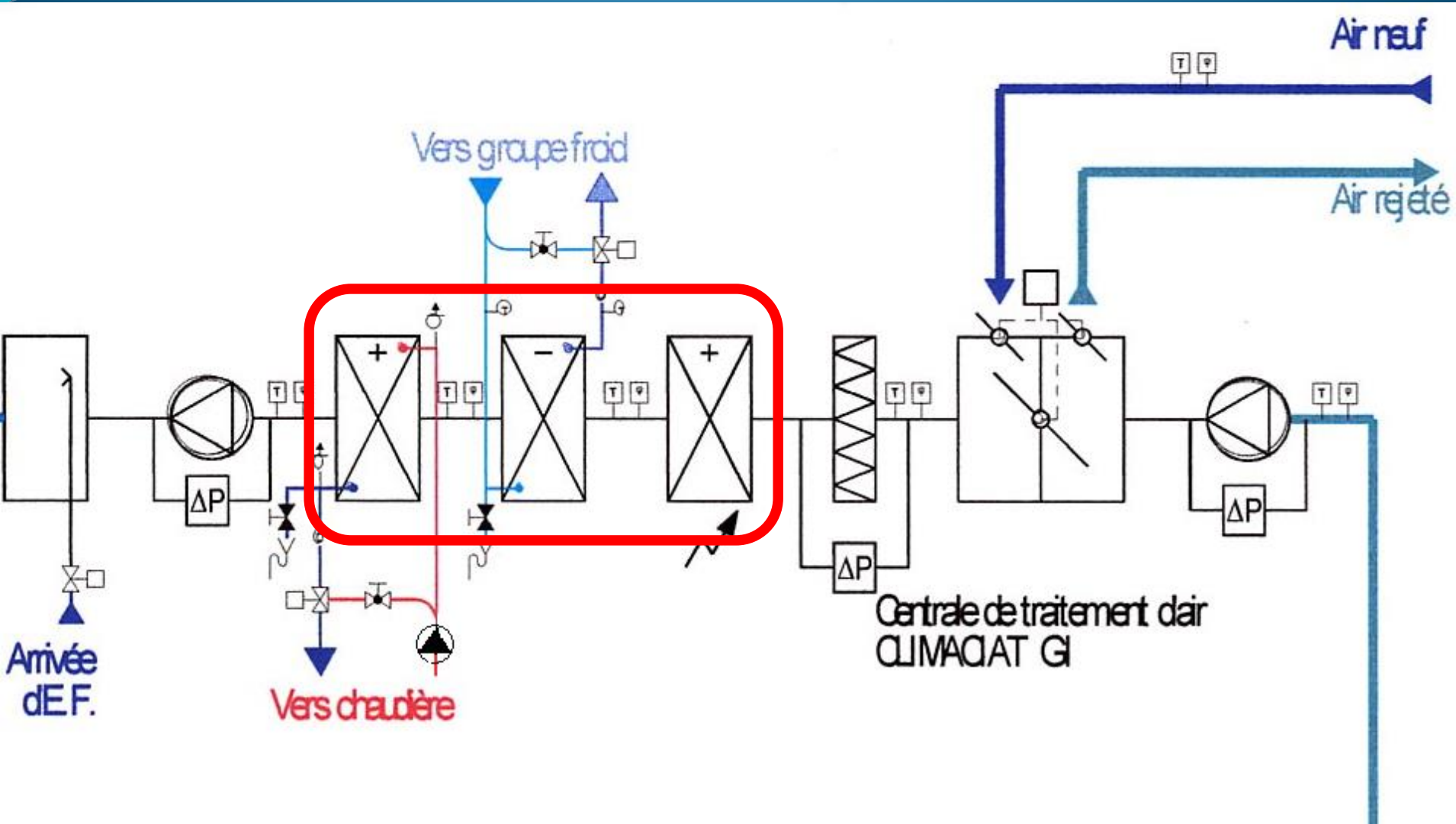


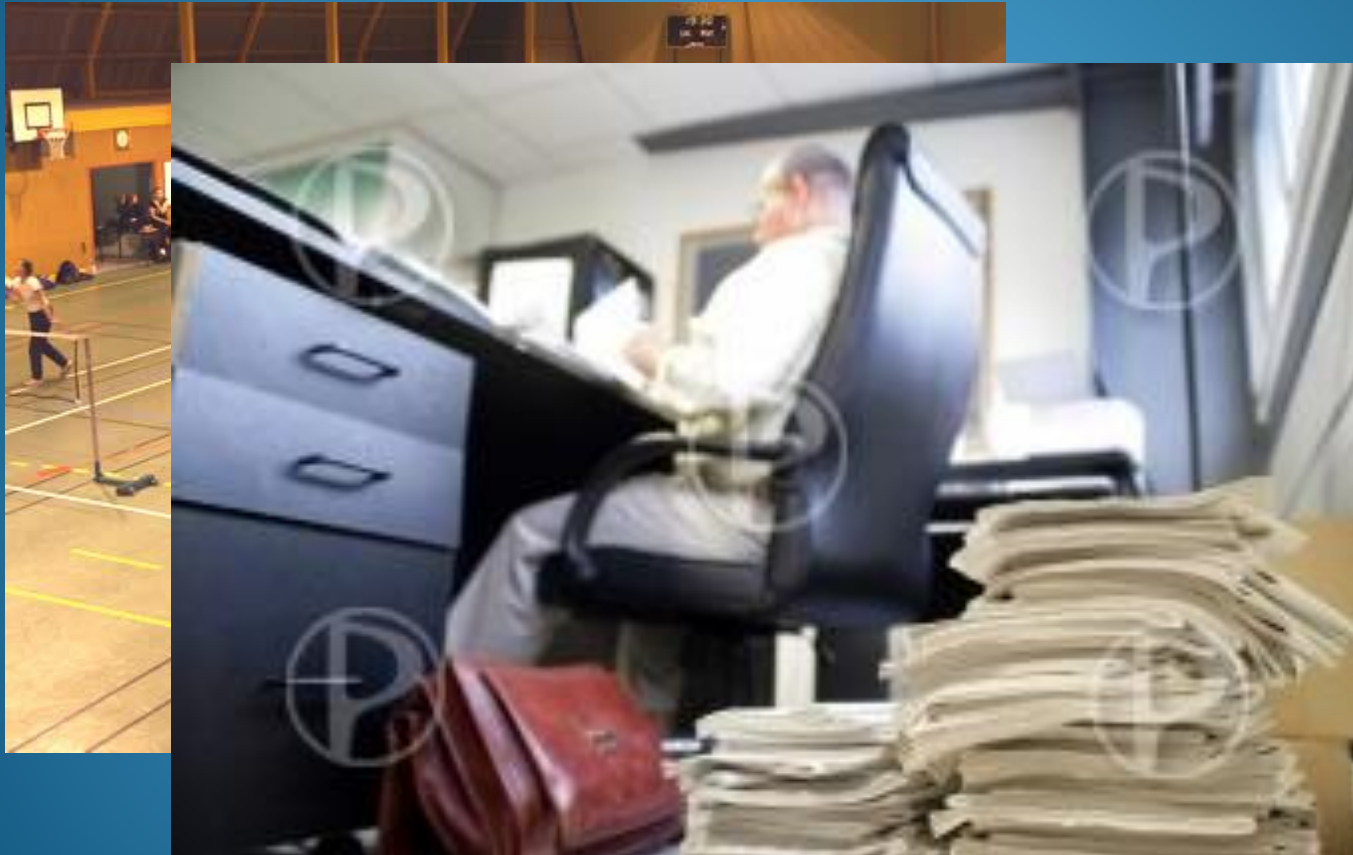
Les batteries chaudes et froides dans une CTA

Mise en situation :



1. Les conditions d'ambiance :

Elles vont dépendre de :



L'activité physique

1. Les conditions d'ambiance :

Elles vont dépendre de :



La tenue vestimentaire

1. Les conditions d'ambiance :

Elles vont dépendre de :



L'état de santé, âge, ...

1. Les conditions d'ambiance :

Elles vont dépendre de :



Habitudes climatiques

1. Les conditions d'ambiance :

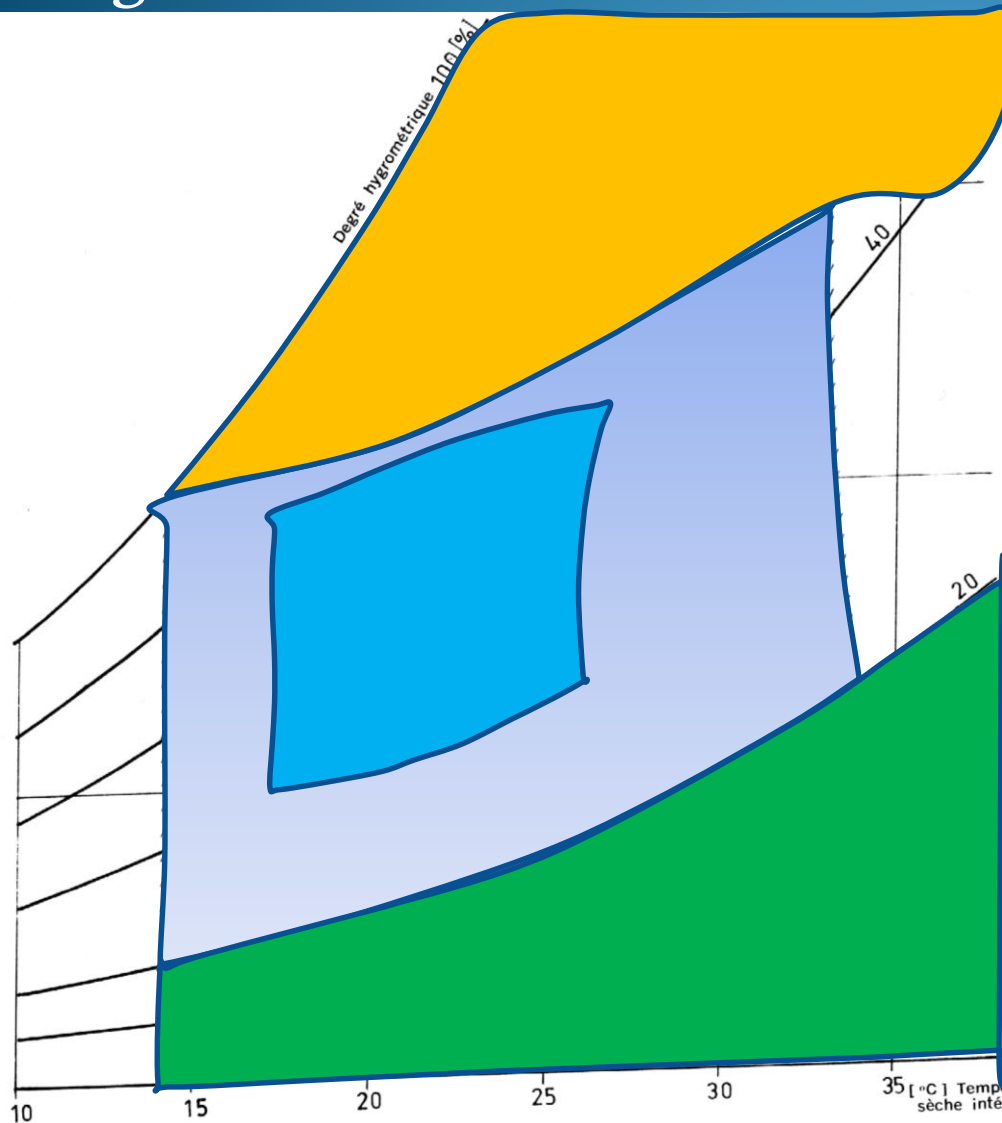
Elles vont dépendre de :



Conditions extérieures

1. Les conditions d'ambiance :

En générale :



1 : Zone de grand confort

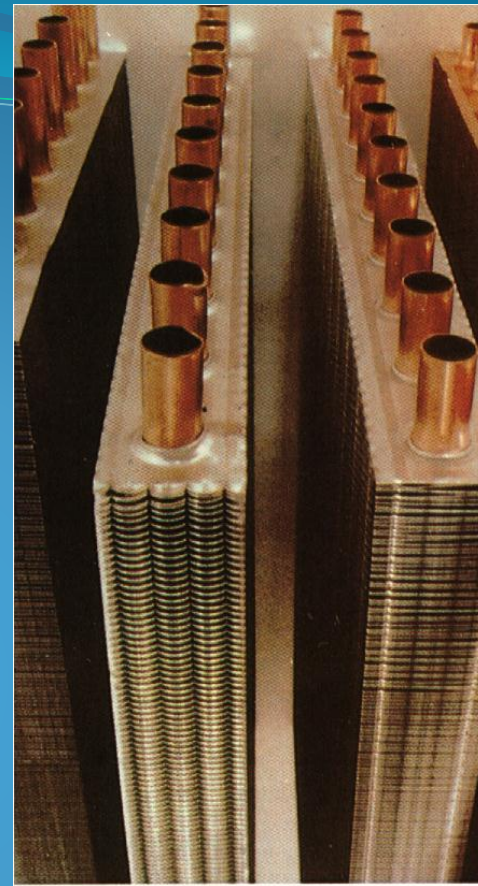
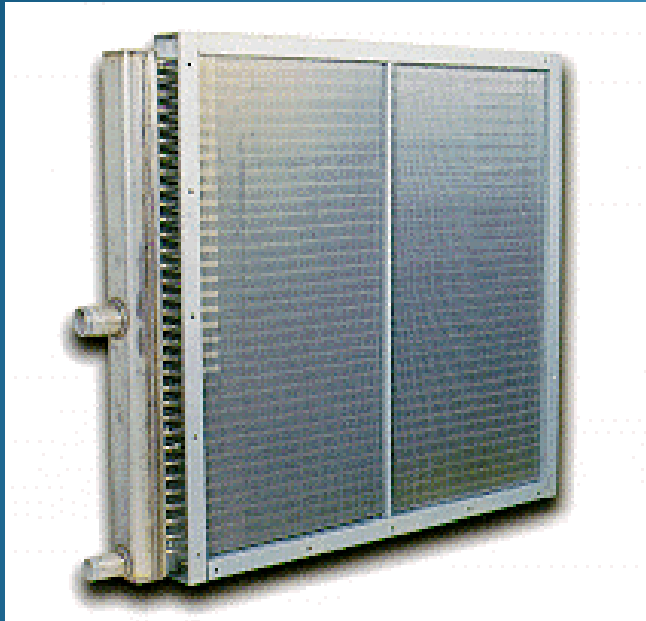
2 : Zone de confort acceptable

3 : Zone de gêne respiratoire

4 : Zone de sensation d'étouffement

2. Les batteries chaudes:

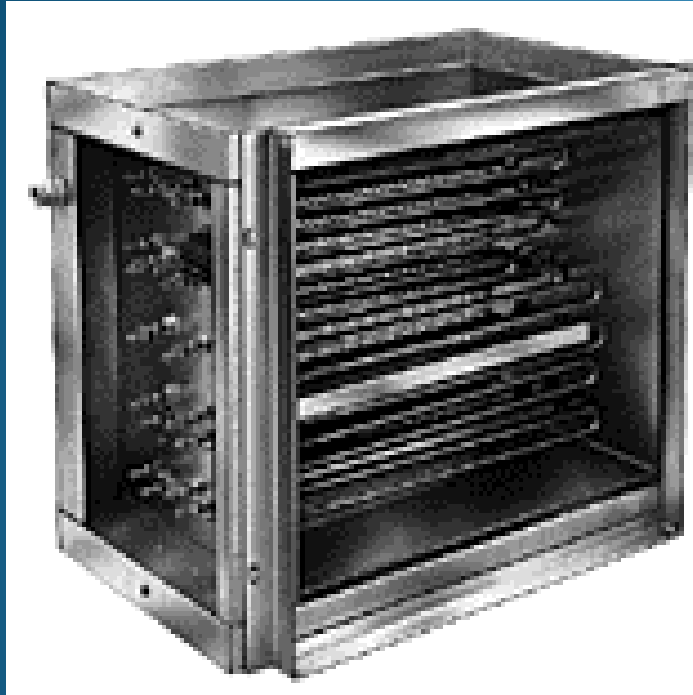
a. Les différents types :



la plus courante, la batterie à eau chaude, alimentée par une production d'eau chaude indépendante. Il s'agit en fait d'un échangeur air/eau, dont les puissances s'étalent en 0,7 kW à 3000 kW. L'eau chaude passe dans des tubes en cuivre équipés sur leur surface d'ailettes en aluminium

2. Les batteries chaudes:

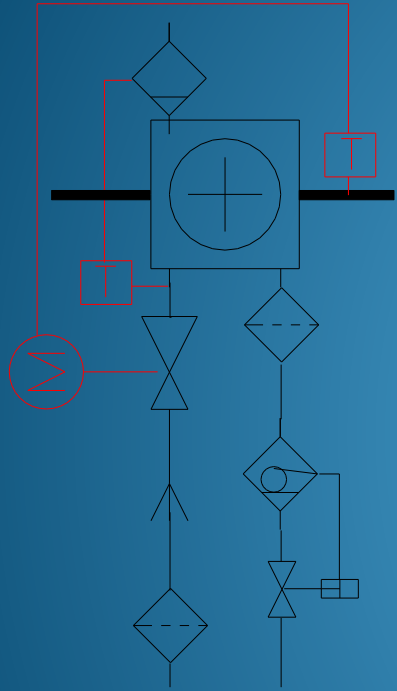
a. Les différents types :



Un peu moins courante, la batterie chaude électrique. Elle est constituée de résistances électriques directement plongées dans le débit d'air. La gamme de puissance est plutôt restreinte, dans la plupart des cas compris entre 3 et 30 kW

2. Les batteries chaudes:

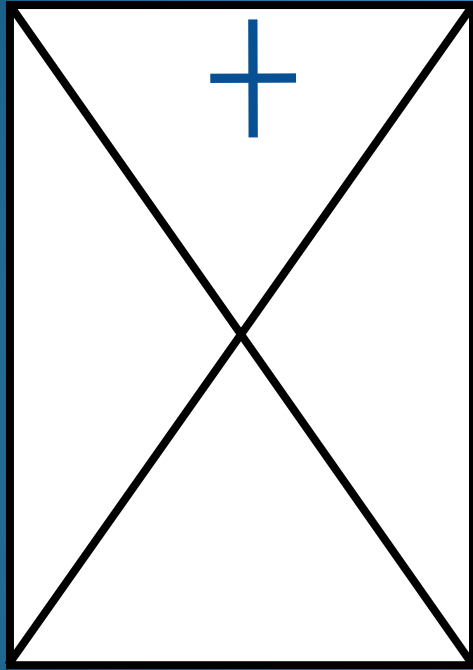
a. Les différents types :



Assez rare, la batterie à vapeur, alimentée par une production de vapeur indépendante, sa gamme de puissance s'échelonnent entre 1,4 et 700 kW

2. Les batteries chaudes:

b. Symbolisation:

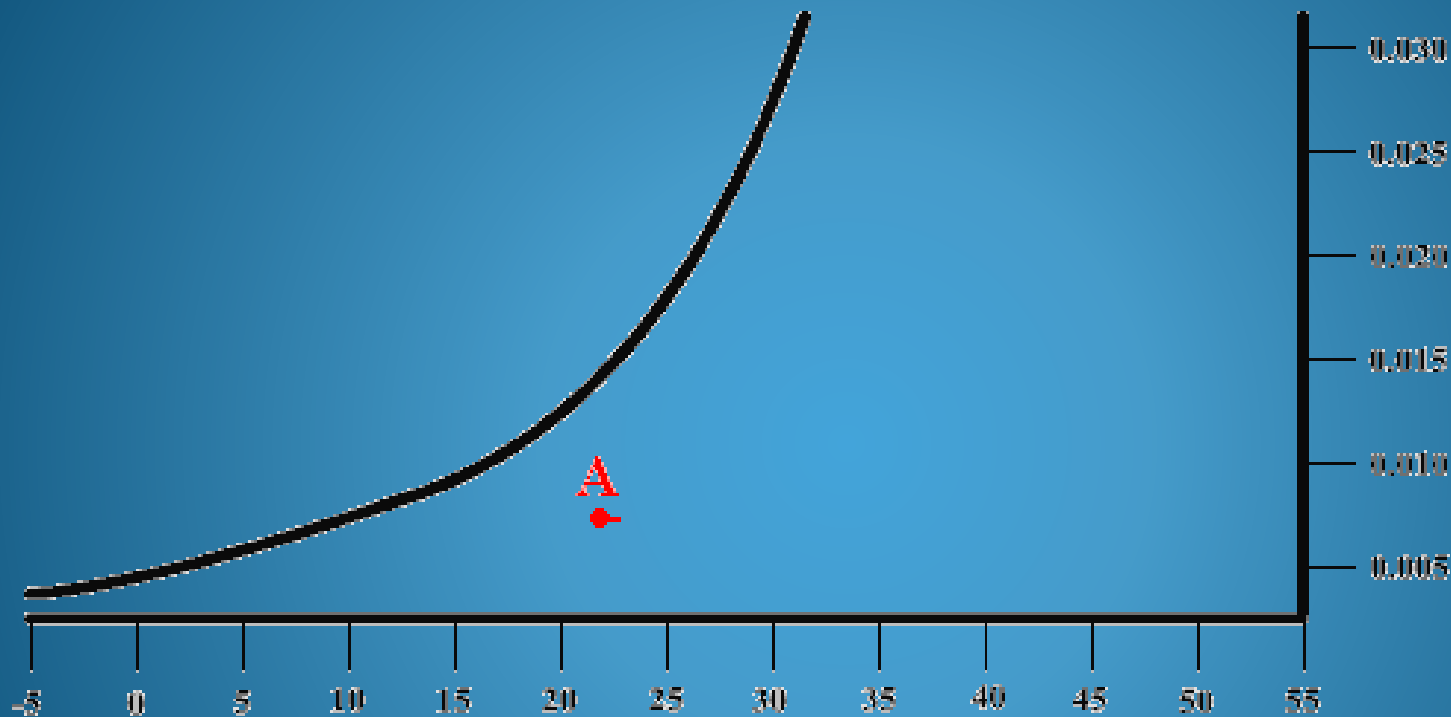


PS : La batterie électrique présentera le signe supplémentaire de l'électricité :



2. Les batteries chaudes:

c. Evolution sur le diagramme de l'air humide



PS : L'évolution se fait à égale humidité spécifique(r). Pour passer du point A au point B, la quantité d'eau contenue dans l'air n'a pas été modifiée.

2. Les batteries chaudes:

d. Calcul de puissance

La puissance de la batterie chaude pourra donc être calculé à l'aide du tracé sur le diagramme, ainsi qu'à l'aide de la formule suivante :

$$P = Q_m \times \Delta H$$

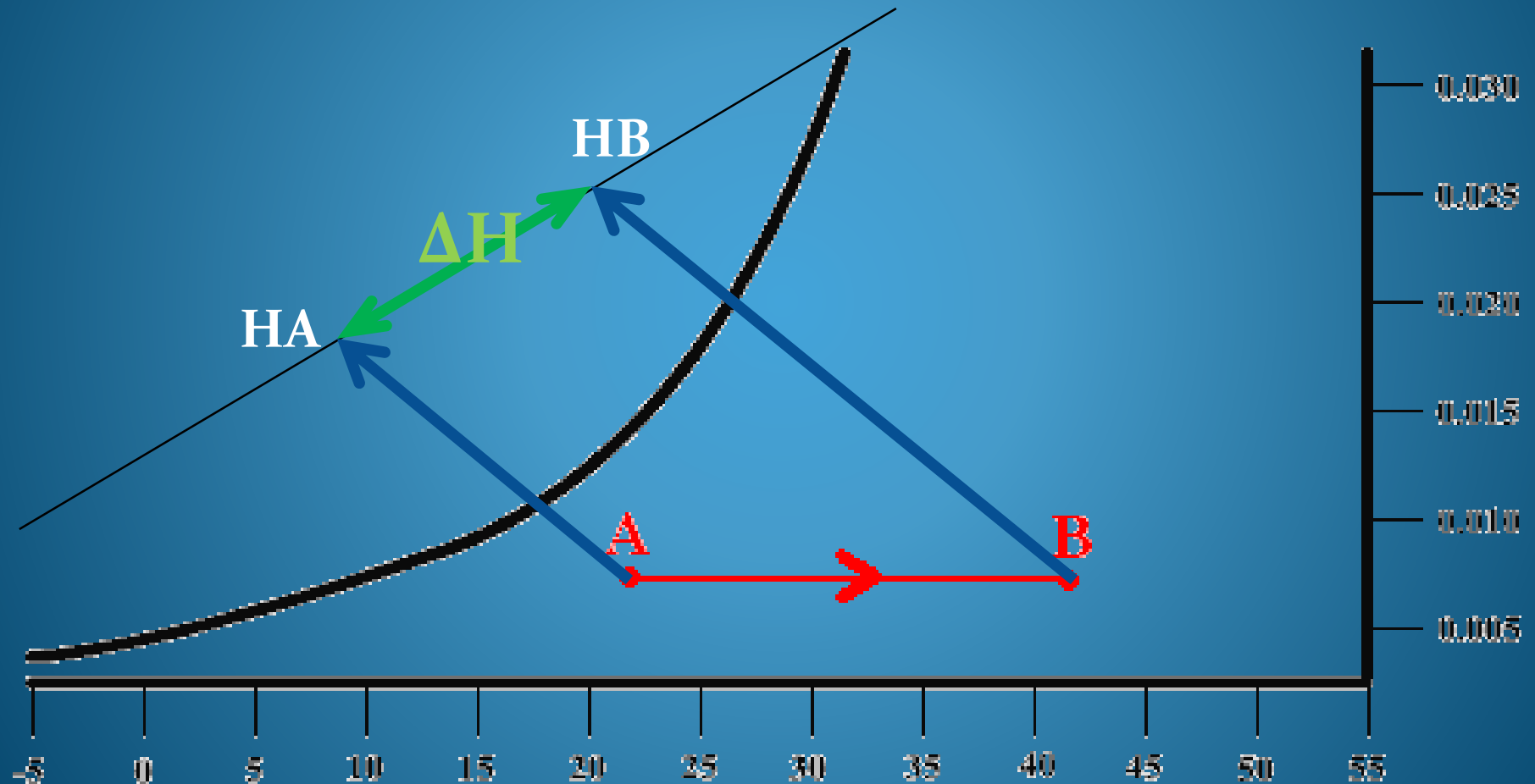
Avec : P la puissance de la batterie en kW

Q_m le débit massique en kg/s (rappel : $Q_m = Q_v \times \rho$ ou encore Q_v / V_s)

*ΔH la différence d'enthalpie spécifique entre le point A et B
= $H_B - H_A$ en kJ/kg air sec*

2. Les batteries chaudes:

d. Calcul de puissance



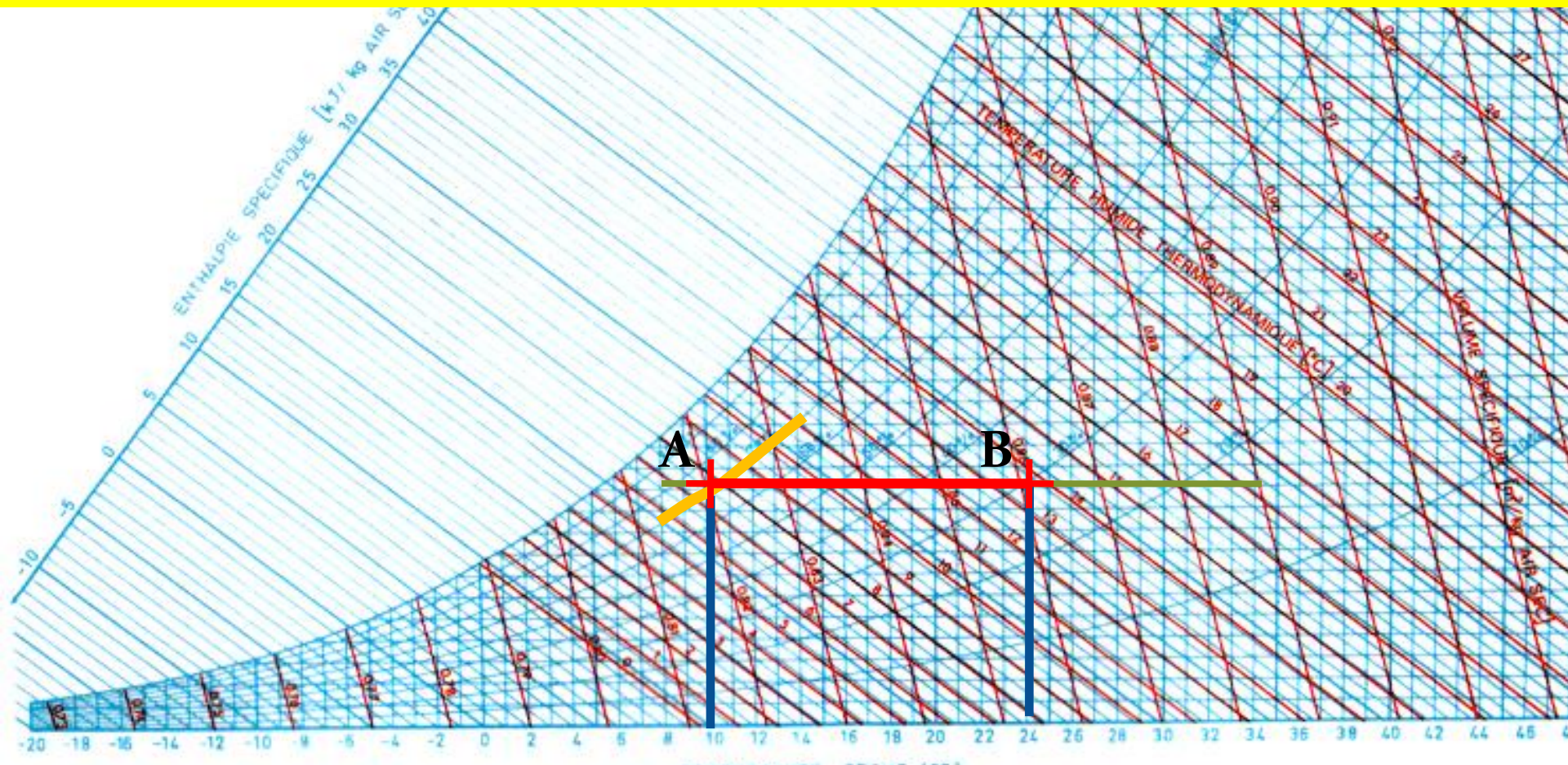
Application 1 :

Tracer l'évolution sur le diagramme et calculer la puissance d'une batterie chaude à l'aide des informations suivantes :

Point A, avant batterie : $T_A = 10^\circ\text{C}$, 70% d'humidité relative

Point B, après batterie : $T_B = 24^\circ\text{C}$

Débit volumique relevé au point A : $4428 \text{ m}^3/\text{h}$

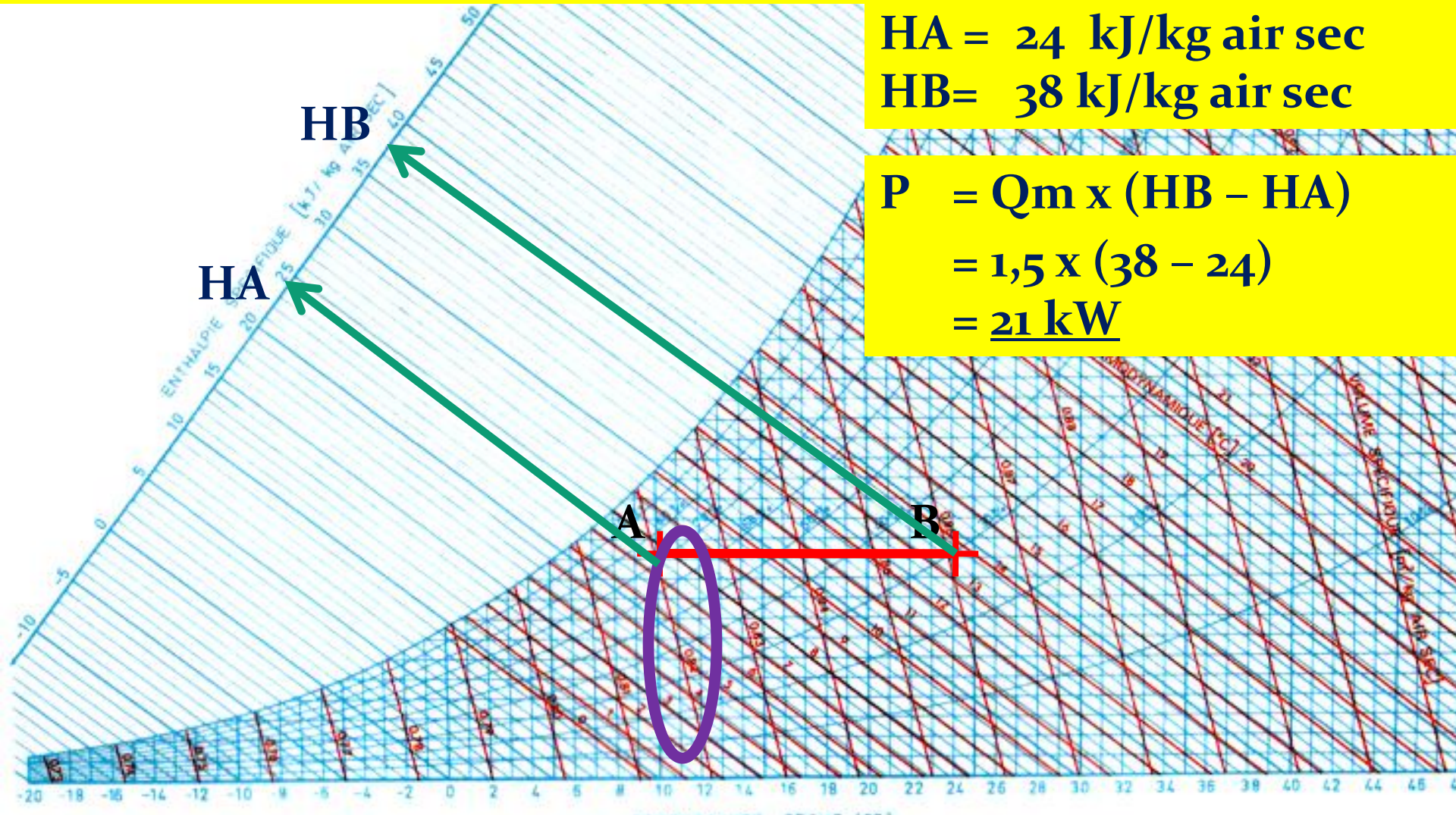


Application 1 :

$$\begin{aligned} Q_m &= Q_v / V_s \\ &= (4428/3600) / 0,82 \\ &= 1,5 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_A &= 24 \text{ kJ/kg air sec} \\ H_B &= 38 \text{ kJ/kg air sec} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= Q_m \times (H_B - H_A) \\ &= 1,5 \times (38 - 24) \\ &= \underline{21 \text{ kW}} \end{aligned}$$



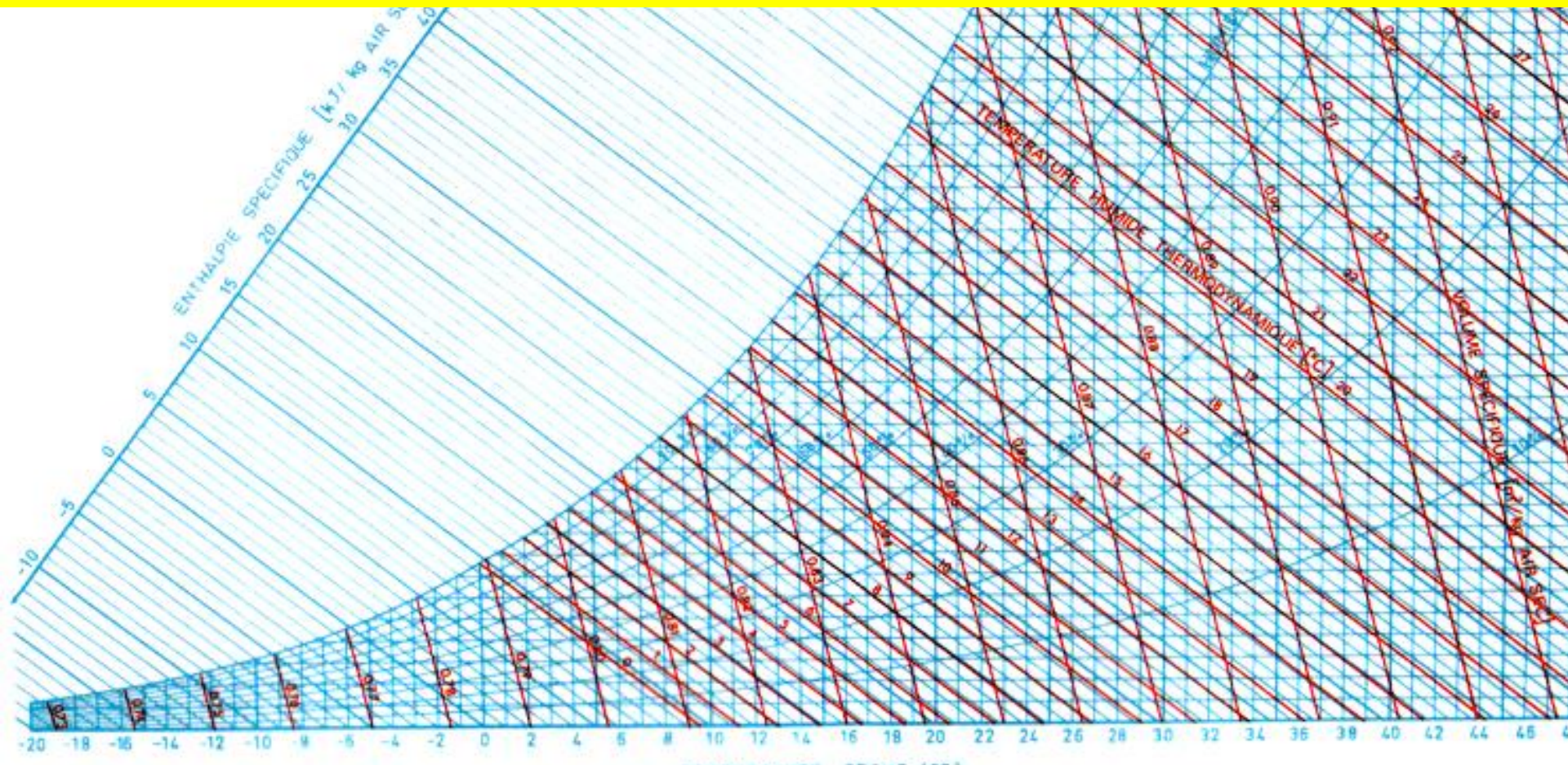
Application 2 :

Tracer l'évolution sur le diagramme et déterminer la température de sortie d'air à l'aide des informations suivantes :

Point A, avant batterie : $T_A = 6^\circ\text{C}$, 50% d'humidité relative

Débit volumique relevé au point A : $2608 \text{ m}^3/\text{h}$

Puissance batterie chaude = $19,8 \text{ kW}$



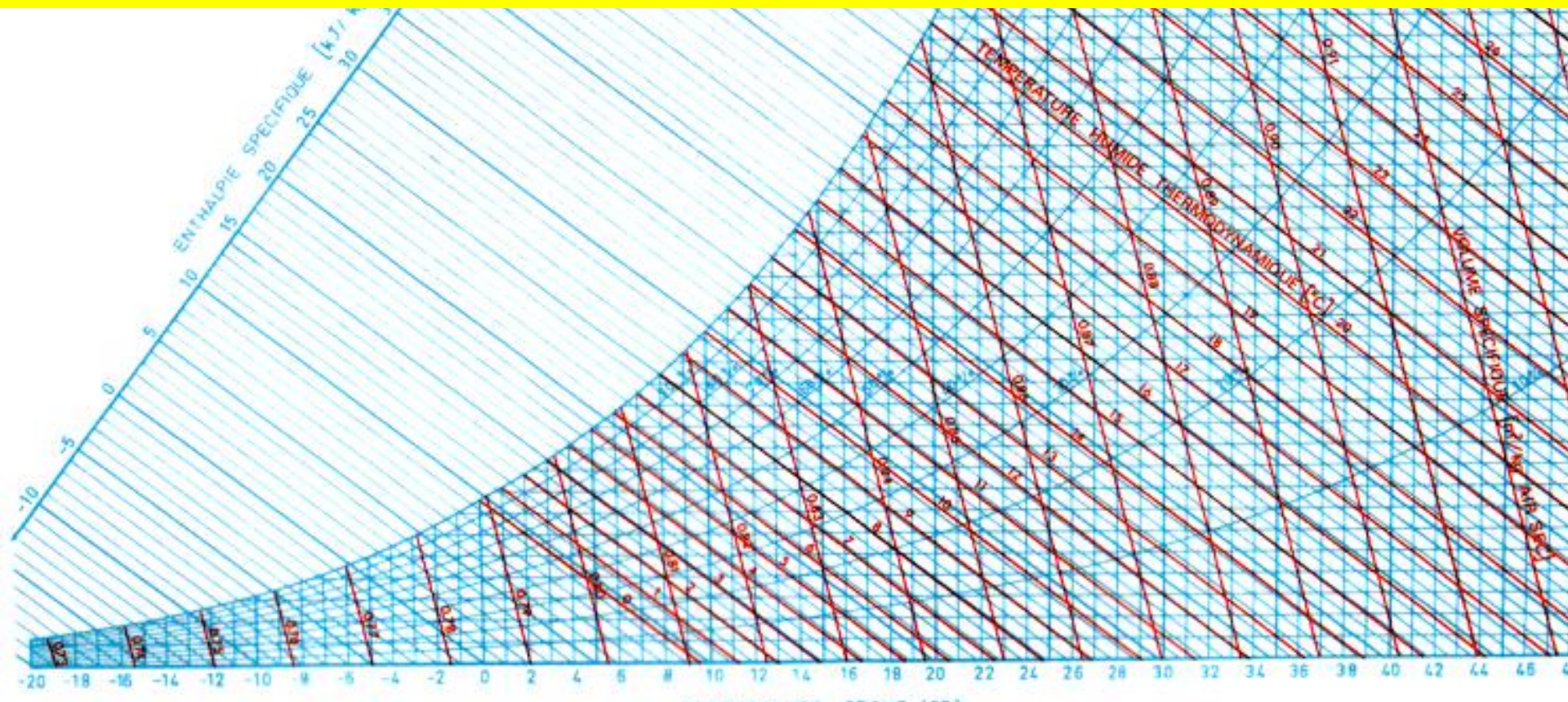
Application 3 :

Tracer l'évolution sur le diagramme et calculer le débit massique puis volumique avant batterie QvA et en après de batterie QvB à l'aide des informations suivantes :

Point A, avant batterie : $T_A = 1^\circ\text{C}$, 60% d'humidité relative

Point B, après batterie : $T_B = 27^\circ\text{C}$

Puissance batterie chaude = 55 kW



d. Calcul de puissance

NB : Dans le cas d'une batterie chaude, il est également possible de calculer la puissance de la batterie en utilisant la formule générale de la puissance :

$$P = Q_v \times \rho \times C \times \Delta T$$

Avec P la puissance en kW
 Q_v le débit volumique en m³/s
 ρ la masse volumique de l'air en kg/m³ (rappel $\rho = 1/V_s$)
 C la chaleur massique de l'air en kJ/kg.°C soit 1kJ/kg.°C pour l'air
 ΔT la différence de température en °C

Application :

Vérifier la puissance calculer dans l'application 1, en employant la formule suivante :

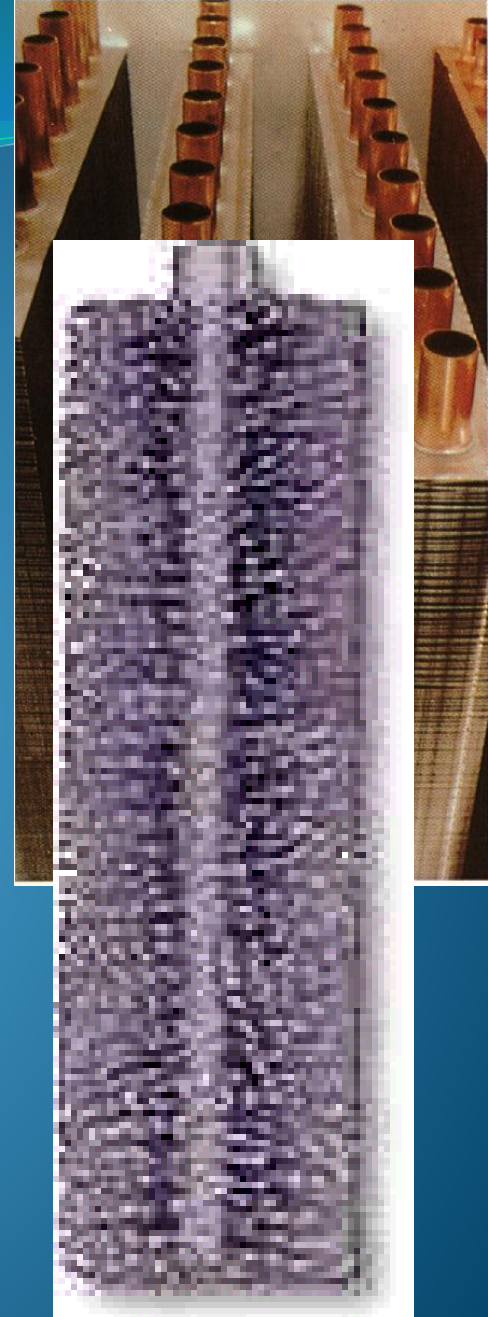
$$\begin{aligned} P &= Q_v \times \rho \times C \times \Delta T \\ &= 1,23 \times 1,22 \times 1 \times (24 - 10) \\ &= 21 \text{ kW} \end{aligned}$$

3. Les batteries froides:

a. Les différents types :

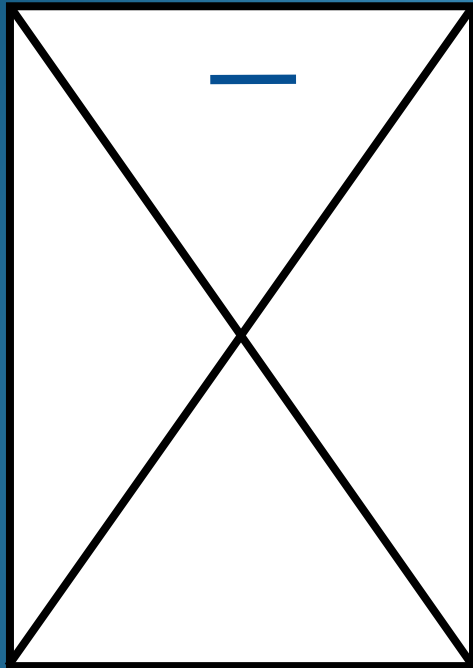
la plus courante, la batterie à eau glacée, alimentée par une production d'eau froide indépendante. Il s'agit en fait d'un échangeur air/eau, dont les puissances sont assez variées. L'eau froide passe dans des tubes en cuivre équipés sur leur surface d'ailettes en aluminium.

Un peu moins courante, la batterie à détente directe. Il s'agit dans ce cas de l'évaporateur lui-même qui est placé dans le flux d'air.

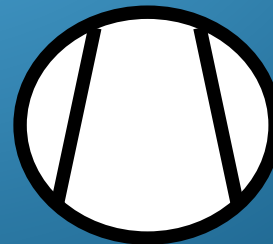


3. Les batteries froides:

b. Symbolisation:



Dans le cas d'une directe, on représentera schématiquement le compresseur du circuit frigorifique :



3. Les batteries froides:

c. Température équivalente de surface **ou**
température de fin de processus théorique
(Tfpt) :

On appelle la température équivalente de surface de batterie froide ; Tadp(apparatus dew point ou apparition du point de rosée) ou Tfpt. Pour simplifier, on prendra cette température égale à la température moyenne de l'eau qui circule sur la batterie froide dans le cas d'une batterie froide à eau et à la température d'évaporation dans le cas d'une batterie froide à détente directe.

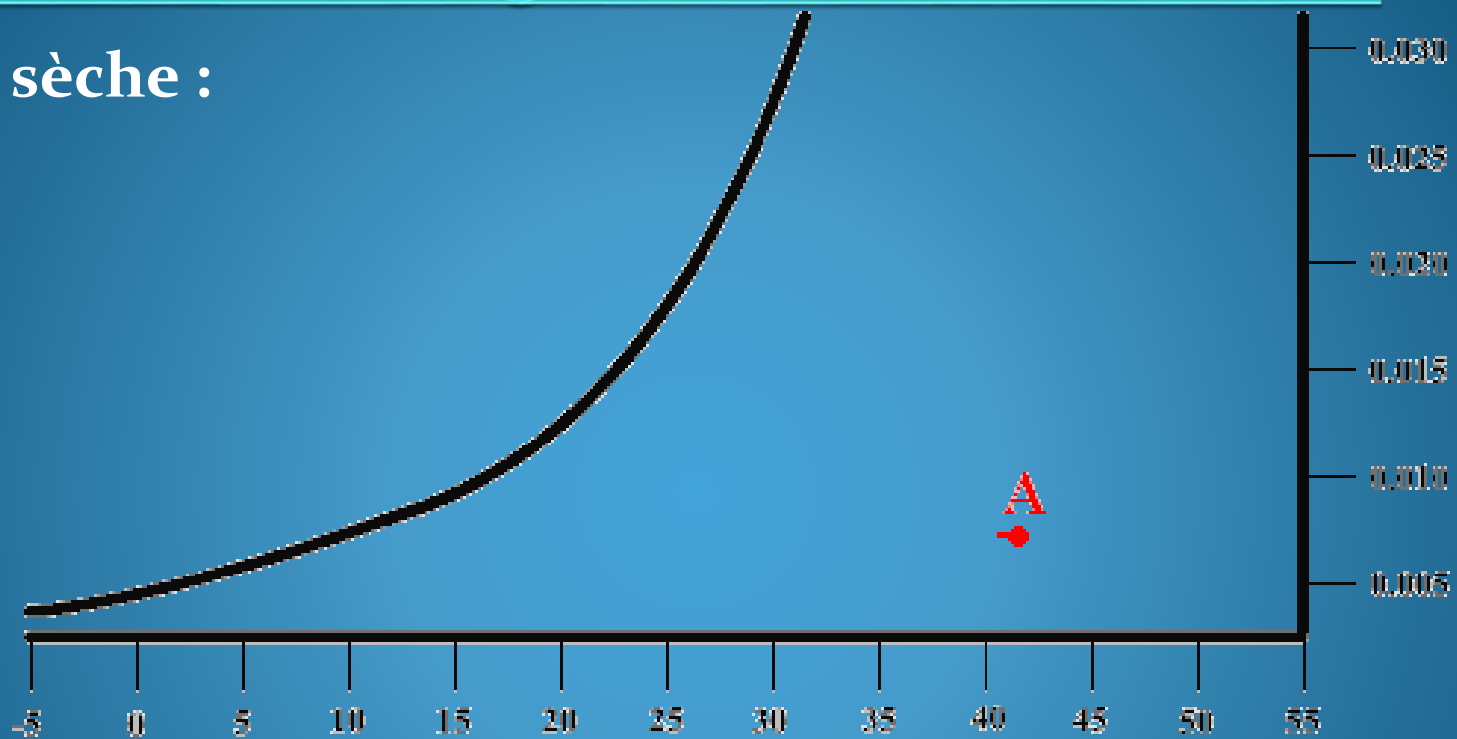
Exemple : Régime d'eau batterie froide 6/12, $T_{adp} = \frac{(12+6)}{2} = 9^{\circ}\text{C}$

Il faudra veiller à ce que Tadp soit toujours supérieure à 0°C pour éviter les risques de givrage. Dans le cas contraire, il faudra un dégivrage cyclique.

3. Les batteries froides:

d. Evolution sur le diagramme de l'air humide :

Batterie sèche :



Dans le cas d'une batterie sèche, l'évolution se fait à égale humidité spécifique(r). Pour passer du point A au point B, la quantité d'eau contenue dans l'air n'a pas été modifiée.

3. Les batteries froides:

d. Evolution sur le diagramme de l'air humide :

Batterie sèche :

L'efficacité d'une telle batterie peut être déterminée par la formule suivante :

$$E = (T_B - T_A) / (T_{adp} - T_A)$$

Avec *TA la température de l'air avant la batterie en °C*
TB la température de l'air après la batterie en °C
Tadp la température équivalente de surface en °C

3. Les batteries froides:

d. Evolution sur le diagramme de l'air humide :

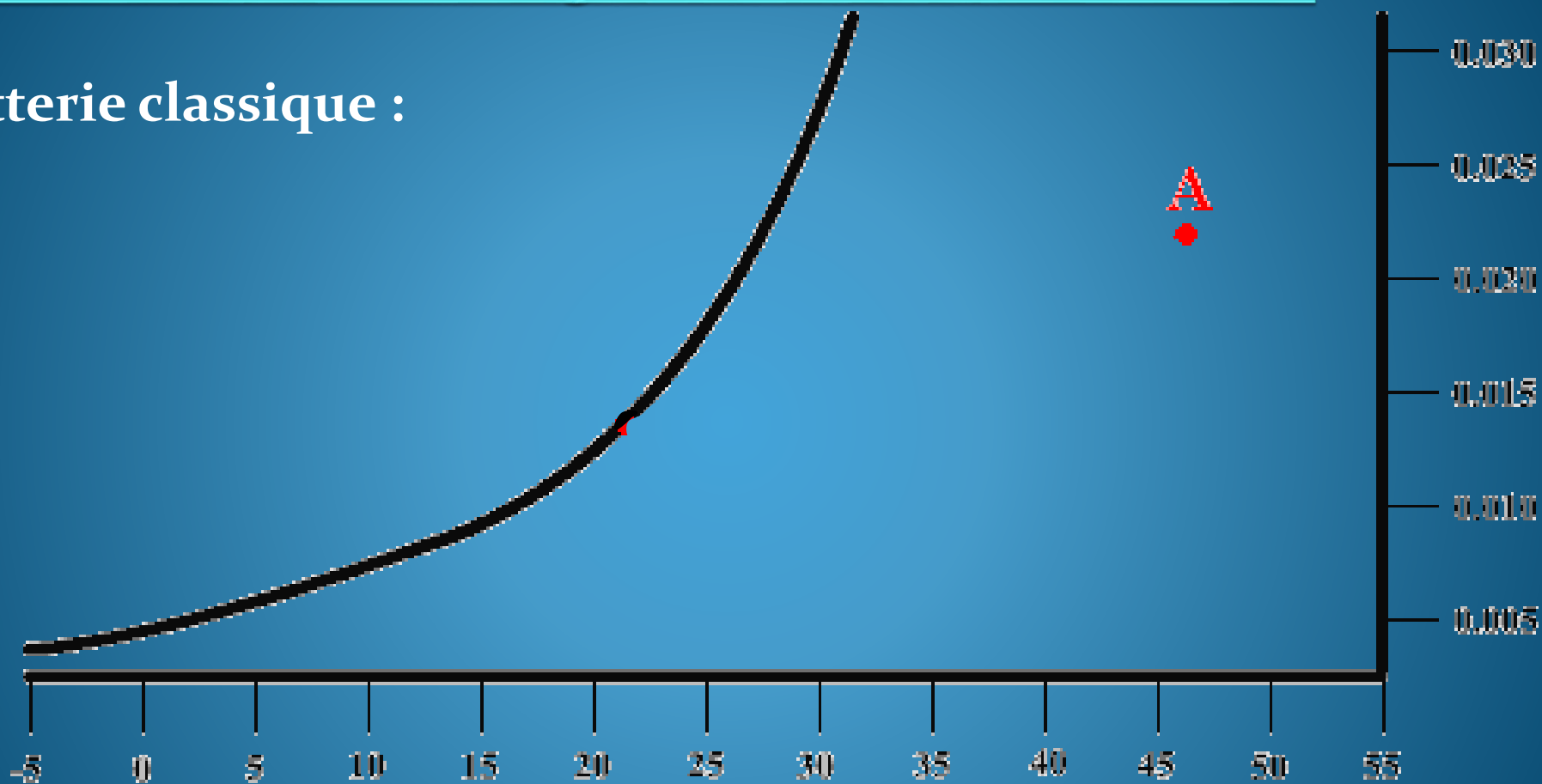
Batterie classique :

Lorsque T_{adp} est inférieure à la température de rosée T_r du point d'entrée sur la batterie froide, il y aura refroidissement mais également une déshumidification de l'air, car une partie de l'eau contenue sous forme de vapeur dans l'air, se sera condensée sur la batterie froide :

3. Les batteries froides:

d. Evolution sur le diagramme de l'air humide :

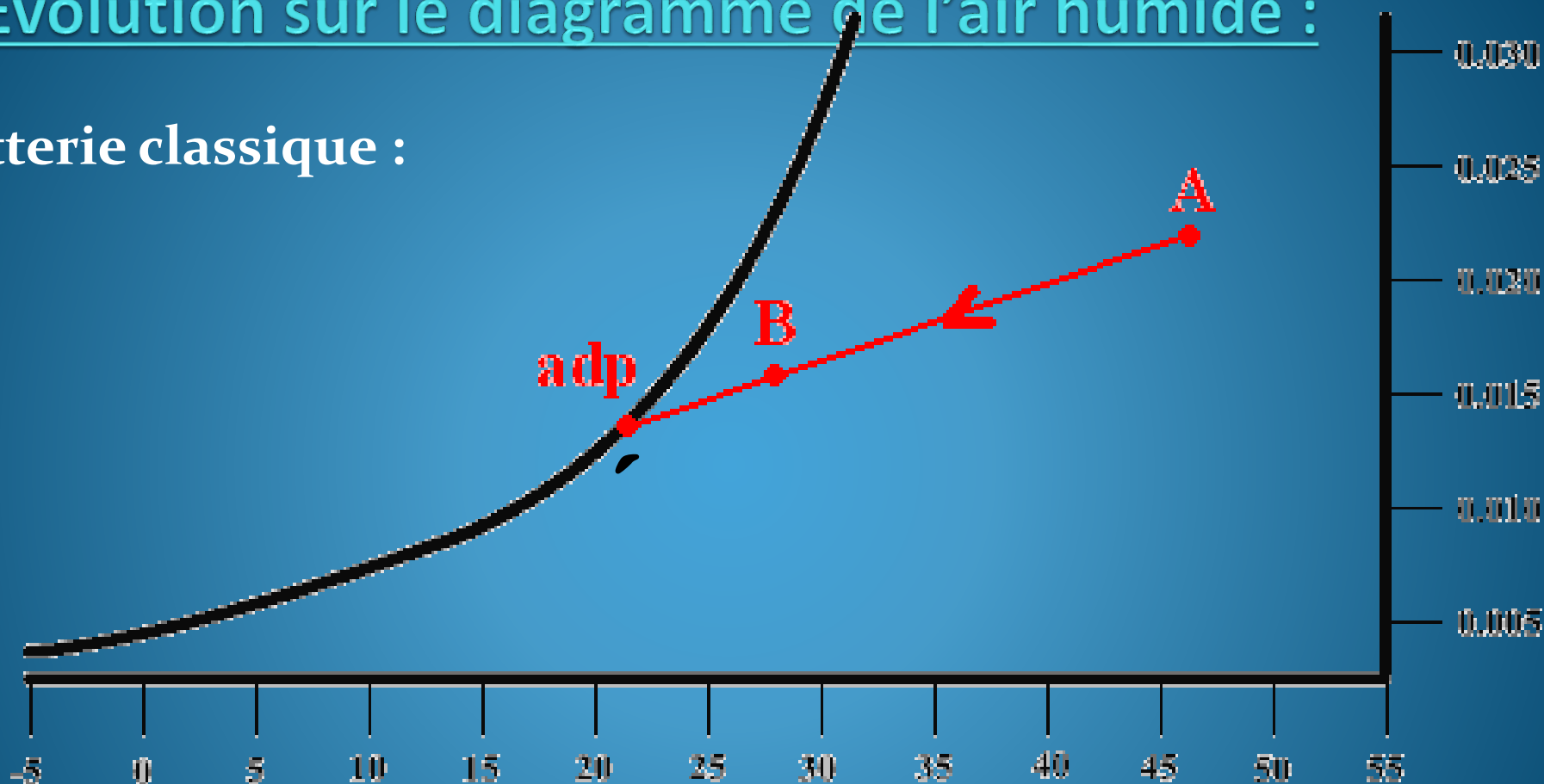
Batterie classique :



3. Les batteries froides:

d. Evolution sur le diagramme de l'air humide :

Batterie classique :



PS : Dans le cas d'une batterie classique, une partie de l'eau contenue dans l'air sous forme de vapeur est éliminée. Pour passer du point A au point B, la valeur de l'humidité spécifique (r) va diminuer.

3. Les batteries froides:

d. Evolution sur le diagramme de l'air humide :

Batterie classique :

$$E = (T_B - T_A) / (T_{adp} - T_A)$$

Avec T_A la température de l'air avant la batterie en °C
 T_B la température de l'air après la batterie en °C
 T_{adp} la température équivalente de surface en °C

$$E = (r_B - r_A) / (r_{adp} - r_A)$$

r_A humidité spécifique de l'air avant la batterie en kg humidité/kg air sec
 r_B humidité spécifique de l'air après la batterie en kg humidité/kg air sec
 r_{adp} humidité spécifique du point adp en kg humidité/kg air sec

3. Les batteries froides:

d. Evolution sur le diagramme de l'air humide :

Batterie classique :

$$E = (HB - HA) / (H_{adp} - HA)$$

HA enthalpie spécifique de l'air avant la batterie en kJ/kg air sec

HB enthalpie spécifique de l'air après la batterie en kJ/kg air sec

H_{adp} enthalpie spécifique du point adp en kJ/kg air sec

3. Les batteries froides:

e. Calcul de puissance

La puissance de la batterie froide pourra donc être calculé à l'aide du tracé sur le diagramme, ainsi qu'à l'aide de la formule suivante :

$$P = Q_m \times \Delta H$$

Avec : *P la puissance de la batterie en kW*

Q_m le débit massique en kg/s (rappel : $Q_m = Q_v \times \rho$ ou encore Q_v / V_s)

*ΔH la différence d'enthalpie spécifique entre le point A et B
= HB – HA en kJ/kg air sec*

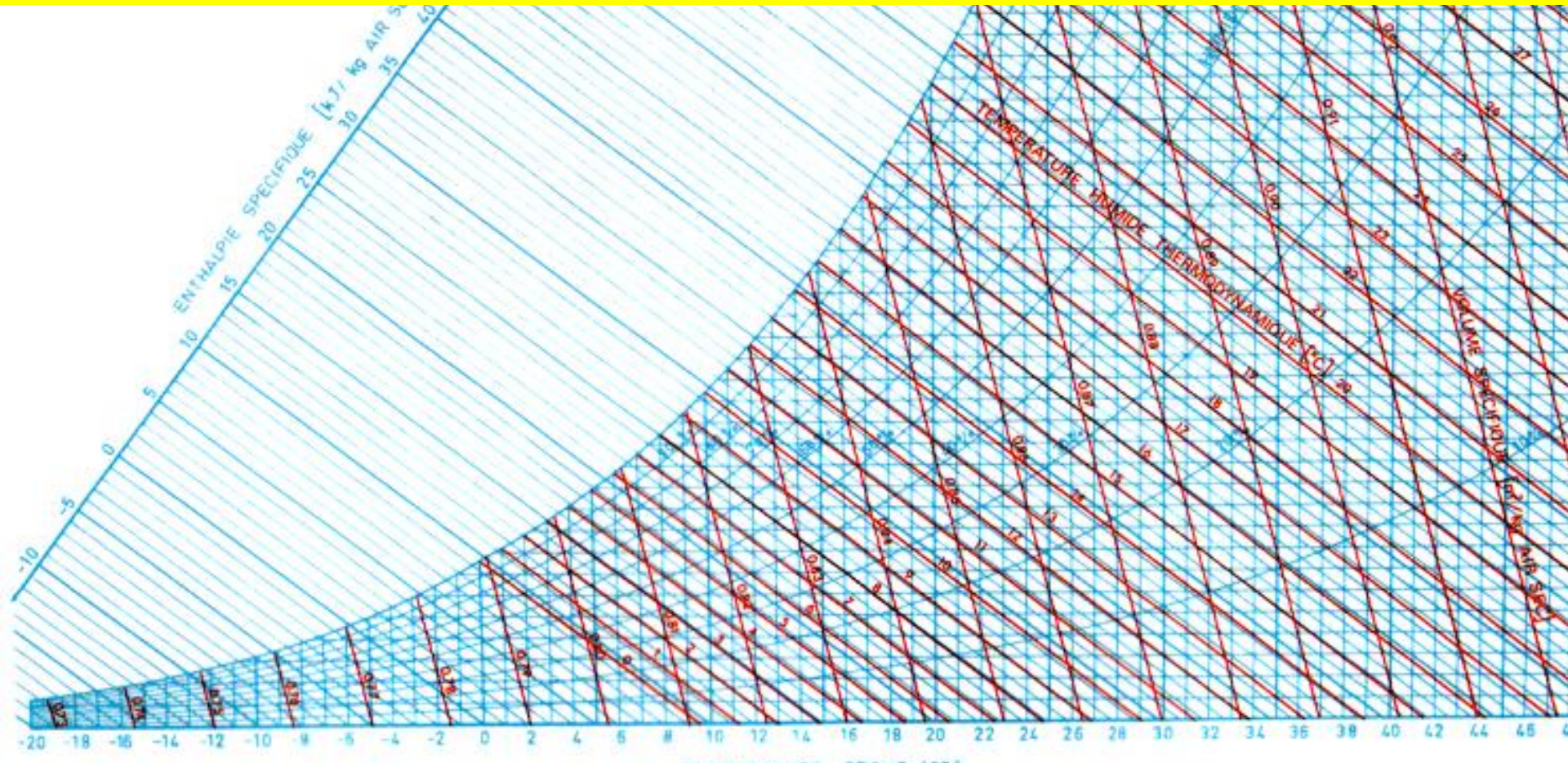
Application 1 :

Tracer l'évolution sur le diagramme et calculer la puissance d'une batterie froide et son efficacité à l'aide des informations suivantes :

Point A, avant batterie : $T_A = 25^\circ\text{C}$, 42% d'humidité relative

Point B, après batterie : $T_B = 13^\circ\text{C}$, 70 % d'humidité relative

Débit volumique relevé au point B : $2240 \text{ m}^3/\text{h}$



Application 1 :

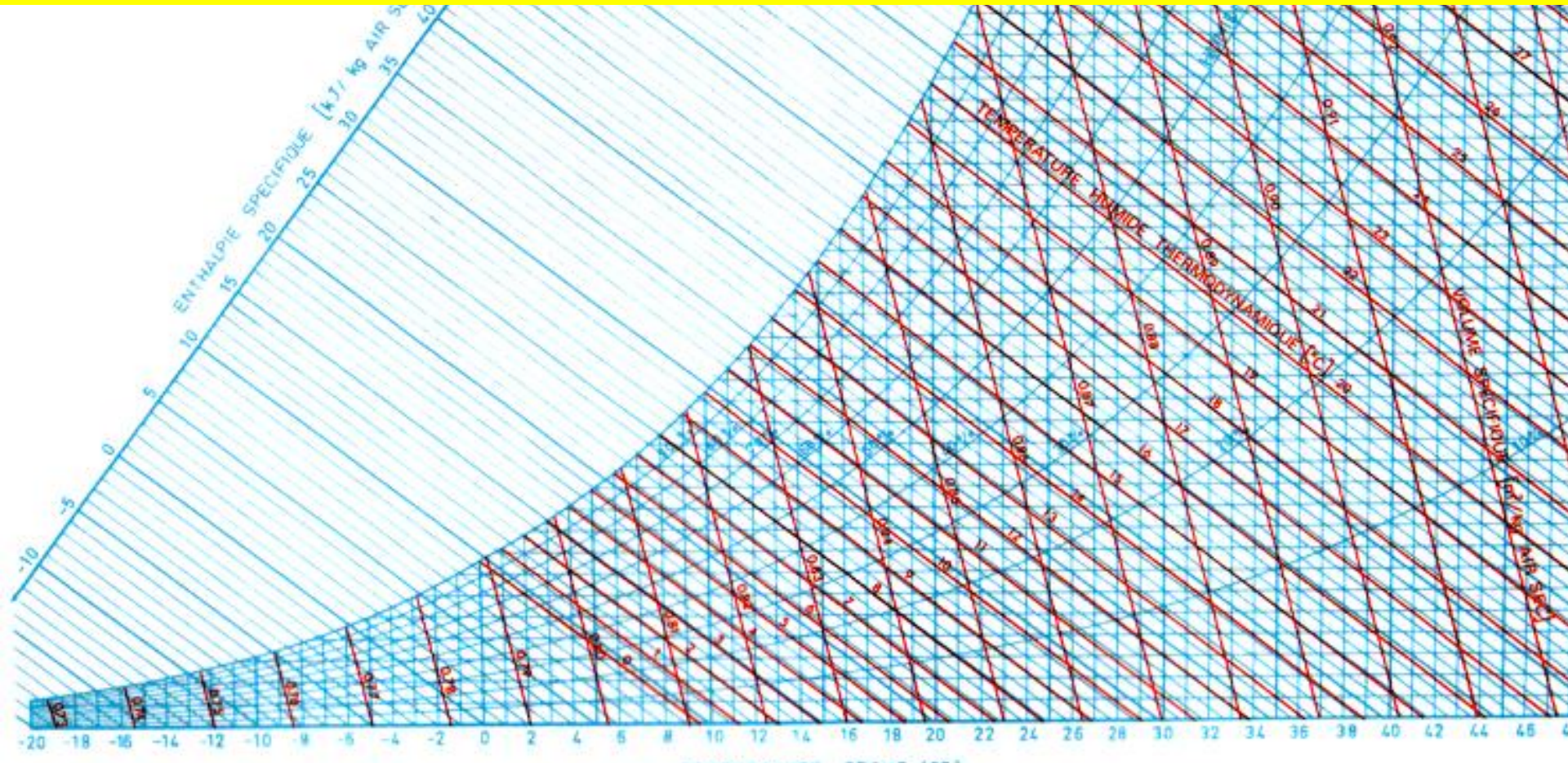
$$Q_m = Q_v / V_{sB} = (2240/3600) / 0.83 = 0.75 \text{ kg/s}$$

$$H_A = 46 \text{ kJ/kgAS}$$

$$H_B = 29.5 \text{ kJ/kgAS}$$

$$P = Q_m \times (H_B - H_A) = 0.75 \times (29.5 - 46) = -12.5 \text{ kW}$$

$$E = (T_B - T_A) / (T_{adp} - T_A) = (13 - 25) / (6 - 25) = 0.63$$



Application 2 :

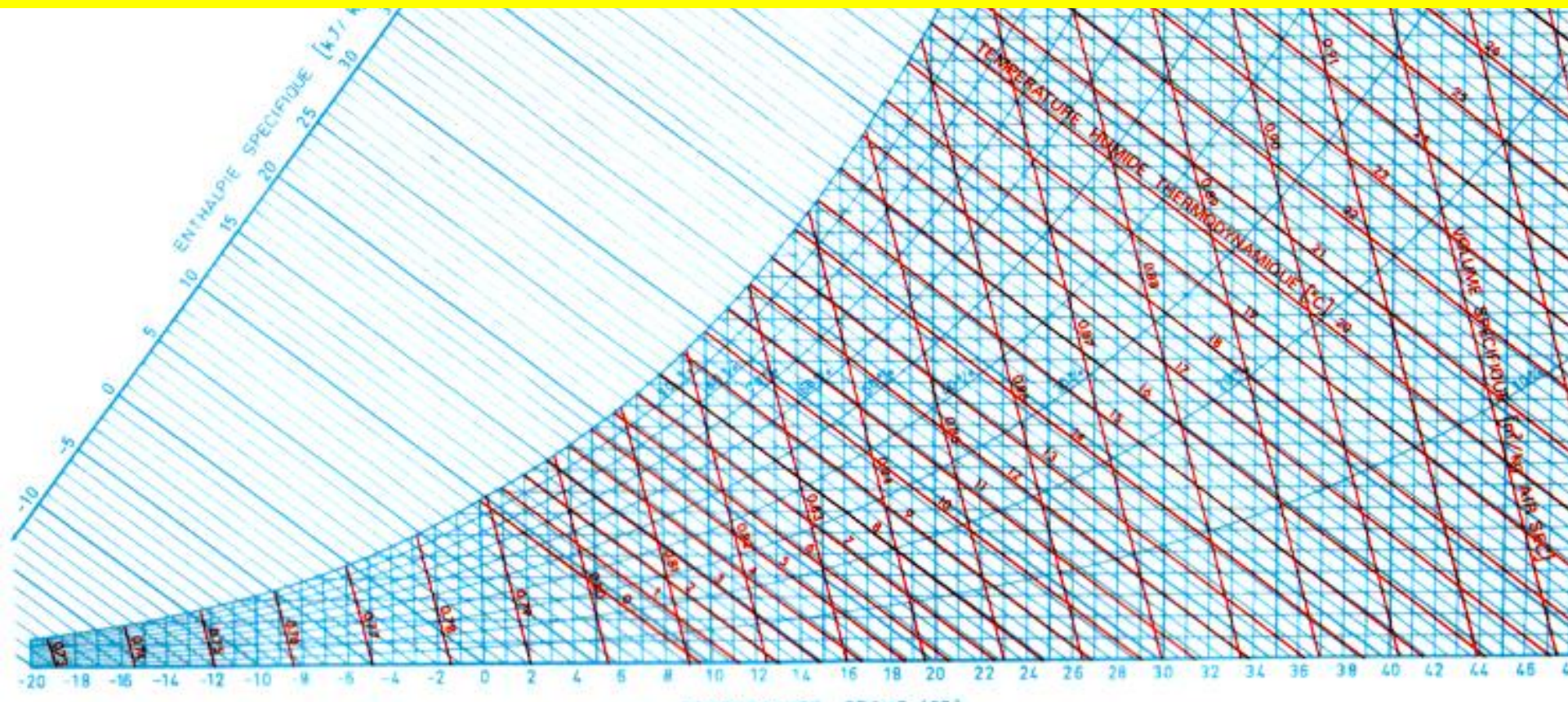
Tracer l'évolution sur le diagramme et calculer la puissance d'une batterie froide et son efficacité à l'aide des informations suivantes :

Point A, avant batterie : $T_A = 27^\circ\text{C}$, 45% d'humidité relative

Point B, après batterie : $T_B = 13^\circ\text{C}$ Régime d'eau batterie froide :

6/12

Débit volumique relevé au point A : $4410 \text{ m}^3/\text{h}$



Application 2 :

$$T_{adp} = (12+6)/2 = 9^{\circ}\text{C}$$

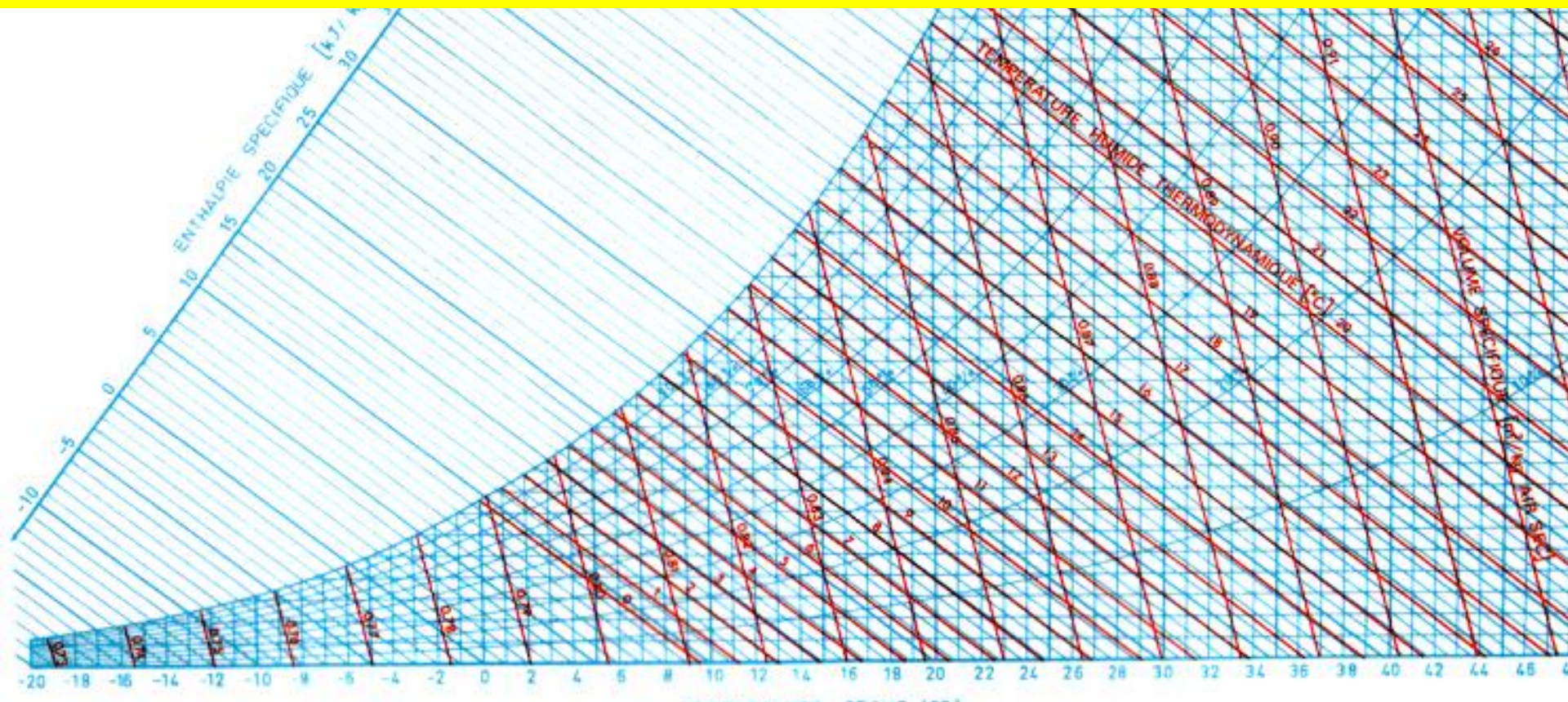
$$Q_m = Q_v/V_s A = (4410/3600) / 0.875 = 1.4 \text{ kg/s}$$

$$H_A = 53 \text{ kJ/kgAS}$$

$$H_B = 33 \text{ kJ/kgAS}$$

$$P = Q_m \times (H_B - H_A) = 1.4 \times (33 - 53) = -28 \text{ kW}$$

$$E = (T_B - T_A)/(T_{adp} - T_A) = (13 - 27)/(9 - 27) = 0.78$$



3. Les batteries froides:

f. Le facteur de Bypass

Dans certains cas, les constructeur ne précisent pas l'efficacité E de la batterie dans la documentation technique, mais ils font figurer le facteur de bypass FB , qui est lié à l'efficacité par la formule suivante :

$$FB = 1 - E$$

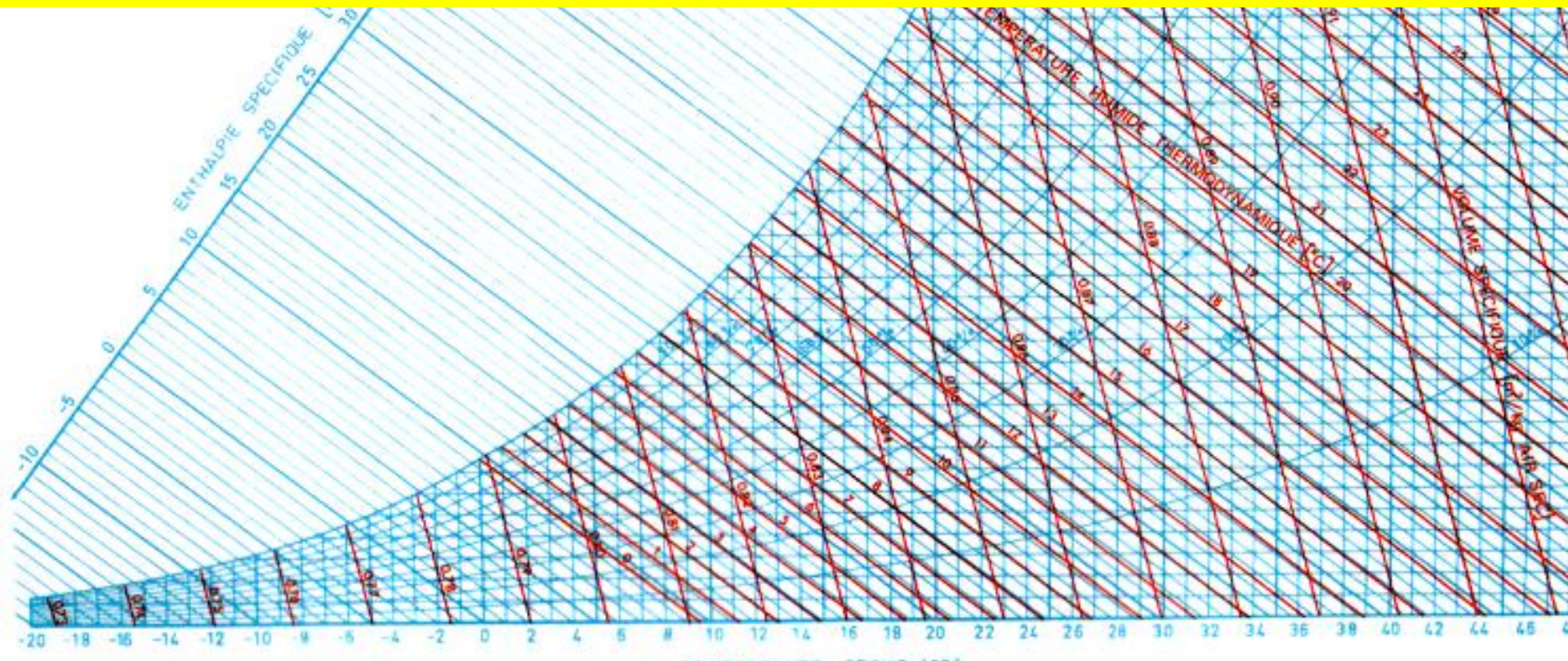
Application : Tracer l'évolution sur le diagramme et calculer la puissance d'une batterie froide et son efficacité à l'aide des informations suivantes :

Point A, avant batterie : $T_A = 26^\circ\text{C}$, 30% d'humidité relative

Point B, après batterie : $T_B = 15^\circ\text{C}$

Facteur de Bypass donné par le constructeur au conditions données = 0,476

Débit volumique relevé au point B : $5410 \text{ m}^3/\text{h}$



$$E = 1 - FB = 1 - 0.476 = 0.524$$

$$T_{adp} = ((T_B - T_A)/E) + T_A = ((15 - 26)/0.524) + 26 = 5^\circ\text{C}$$

$$Q_m = Q_v / V_s B = (5410 / 3600) / 0.835 = 1.8 \text{ kg/s}$$

$$H_A = 42.5 \text{ kJ/kgAS}$$

$$H_B = 30 \text{ kJ/kgAS}$$

$$P = Q_m \times (H_B - H_A) = 1.8 \times (30 - 42.5) = -22.5 \text{ kW}$$

