Thermodynamique et changement d'état

Par Daniel Toueix

BILAN D'ENERGIE AVEC CHANGEMENT D'ETAT

Par convention

Lorsque le changement d'état s'effectue avec dégagement de chaleur
le système cède de son énergie et le phénomène est exothermique
L'enthalpie de changement d'état est alors négatif

$\Delta H < 0$

SYSTEME 

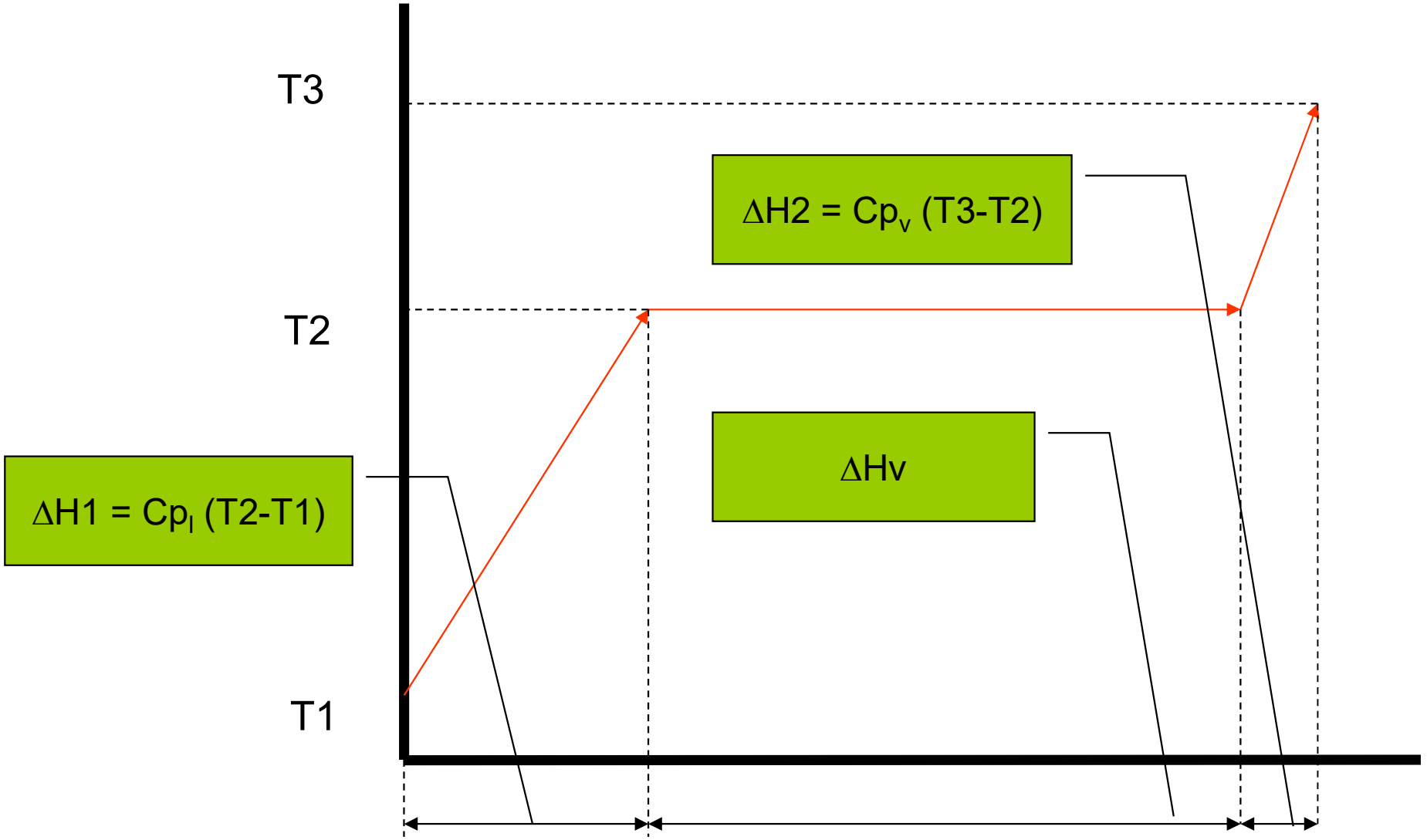
Lorsque le changement d'état s'effectue avec absorption de chaleur
le système absorbe de l'énergie et le phénomène est endothermique
L'enthalpie de changement d'état est alors positif

$\Delta H > 0$

SYSTEME 

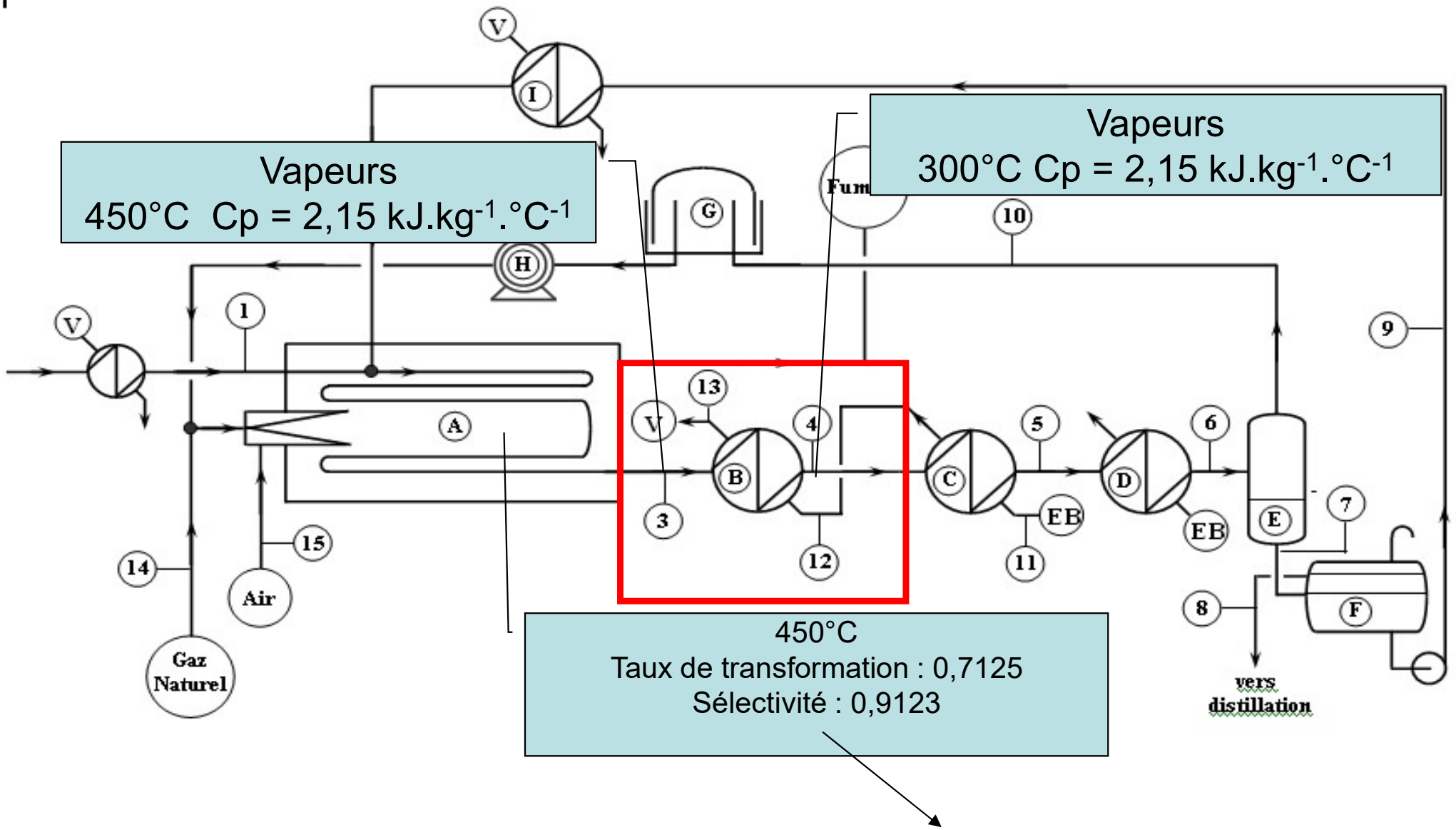
BILAN D'ENERGIE AVEC CHANGEMENT D'ETAT

Vaporisation d'un solvant avec surchauffe les capacité thermiques du solvant
En phase liquide et vapeur étant constantes avec la température



FABRICATION DU NYLON 11

I



$CH_3 - (CH_2)_5 - CHOH - CH_2 - CH = CH - (CH_2)_7 - COOCH_3$ ⟷ $CH_3 - (CH_2)_5 - CHO + CH_2 = CH - (CH_2)_8 - COOCH_3$

Ricinoléate de méthyle — Heptanal — Undécénoate de méthyle

Caractéristiques des lignes d'écoulement (Débits massiques en $kg.h^{-1}$)

n° de ligne / Réactifs, produits et utilités	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ricinoléate de méthyle	8000		2300	2300											
Produits organiques inertes	2000														
Undécénoate de méthyle			3300	3300											
Heptanal			1900	1900											
Métiloil			2000	2000											
Hydrocarbures gazeux			500	500											
Gaz naturel															
Air de combustion															
Eau de procédé		6504	6504	6504											
Eau de refroidissement													(Vapeur)		
Total	10000	6504	16504	16504											
Température en °C	50	195	450	300	160	40	30	20	20	20	100	145	145	20	20
Pression absolue en bar	1	14	9	8	6	3,5	1,5	1	2	1,5	4	4	4	2,5	2,5

Table de propriétés de la vapeur d'eau

pression absolue		**Température**	**Eau liquide (hf)**	**Vaporisation**	**Eau Vapeur**
bar	kPa	°C	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg
1.00	100.0	120.42	505.6	2201.1	2706.7
1.10	110.0	121.96	512.2	2197.0	2709.2
1.20	120.0	123.46	518.7	2192.8	2711.5
1.30	130.0	124.90	524.6	2188.7	2713.3
1.40	140.0	126.28	530.5	2184.8	2715.3
1.50	150.0	127.62	536.1	2181.0	2717.1
1.60	160.0	128.89	541.6	2177.3	2718.9
1.70	170.0	130.13	547.1	2173.7	2720.8
1.80	180.0	131.37	552.3	2170.1	2722.4
1.90	190.0	132.54	557.3	2166.7	2724.0
2.00	200.0	133.69	562.2	2163.3	2725.5
2.20	220.0	135.88	571.7	2156.9	2728.6
2.40	240.0	138.01	580.7	2150.7	2731.4
2.60	260.0	140.00	589.2	2144.7	2733.9
2.80	280.0	141.92	597.4	2139.0	2736.4
3.00	300.0	143.75	605.3	2133.4	2738.7
3.20	320.0	145.46	612.9	2128.1	2741.0

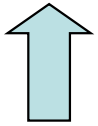
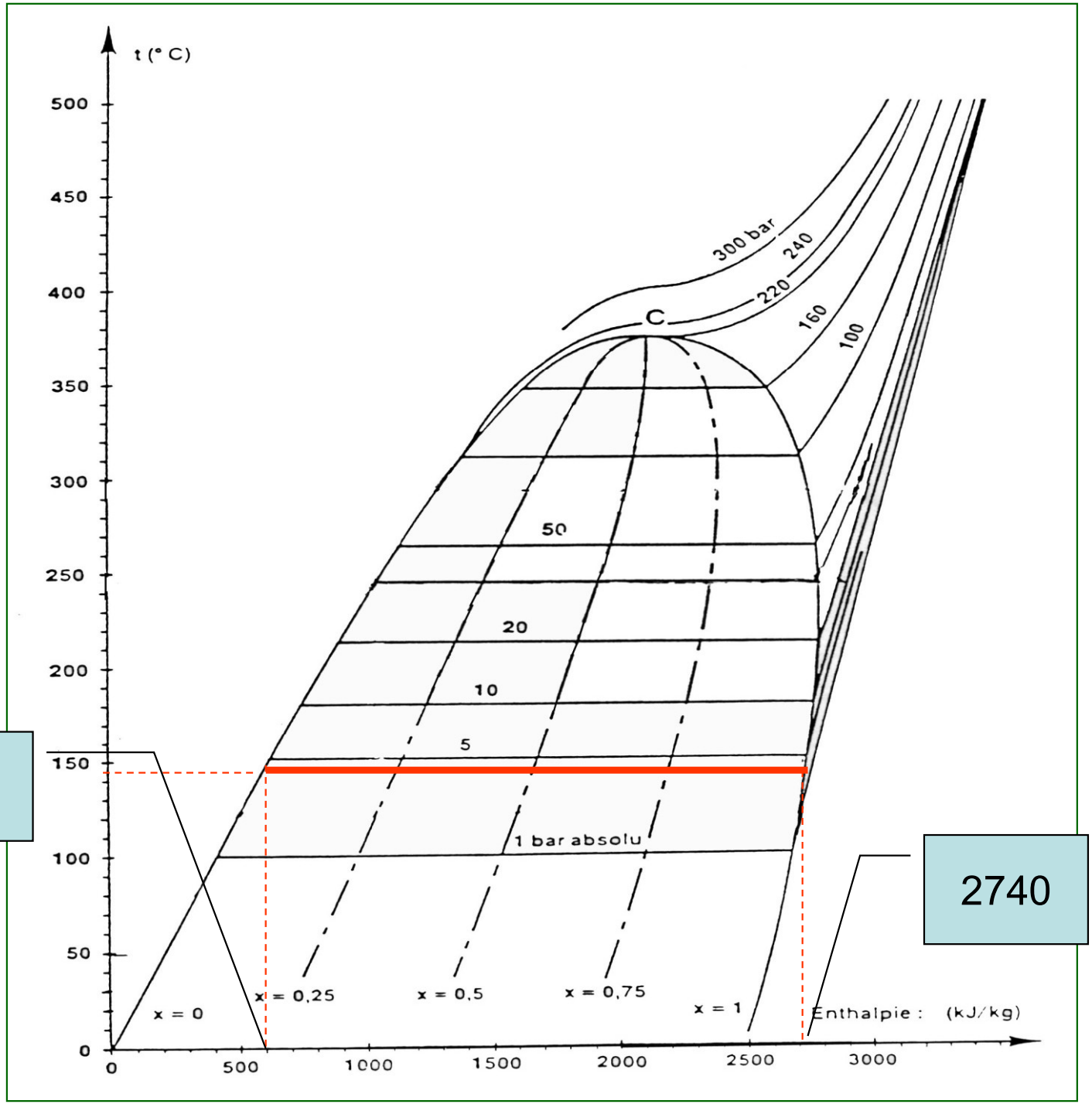


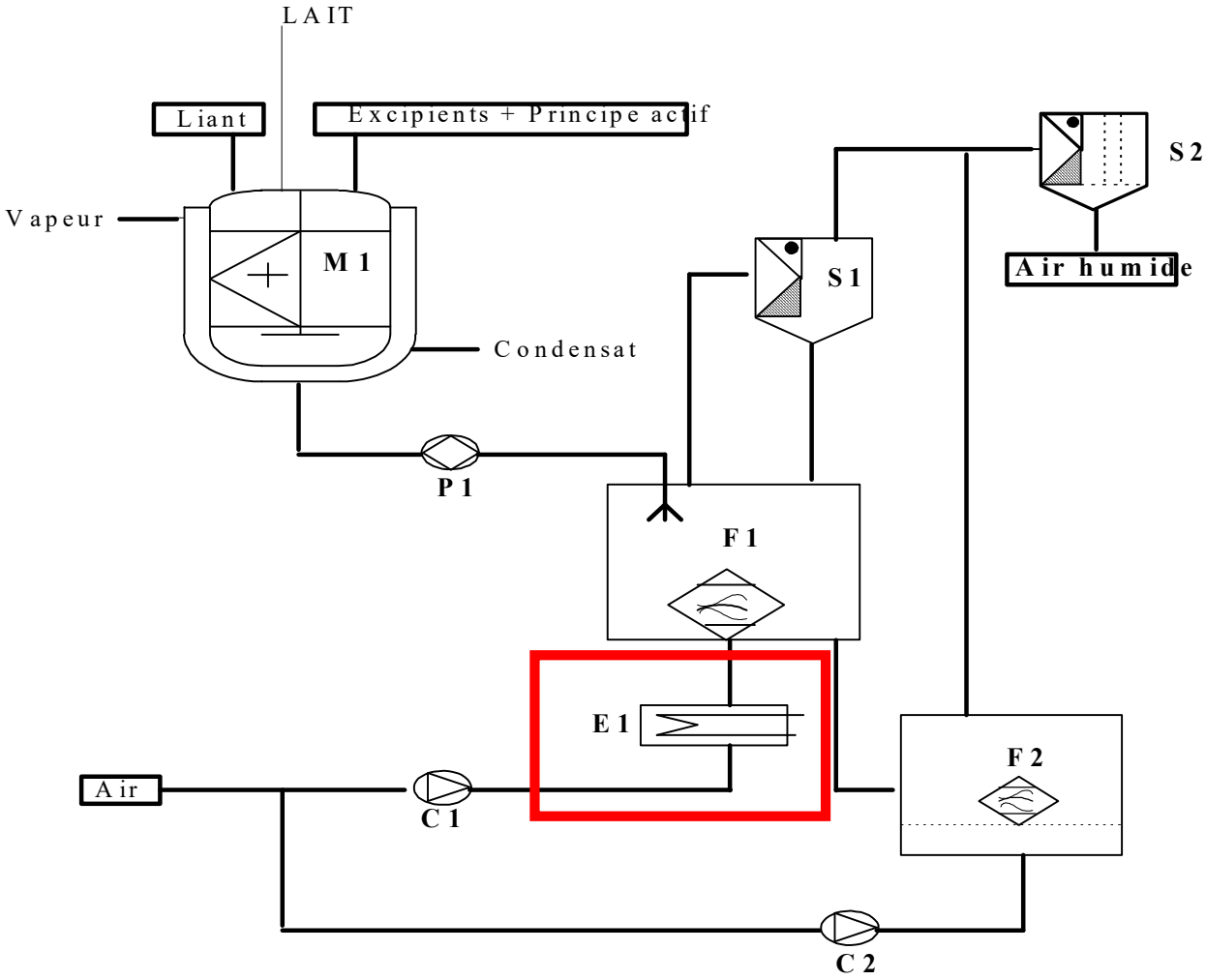
DIAGRAMME ENTHALPIQUE DE L'EAU



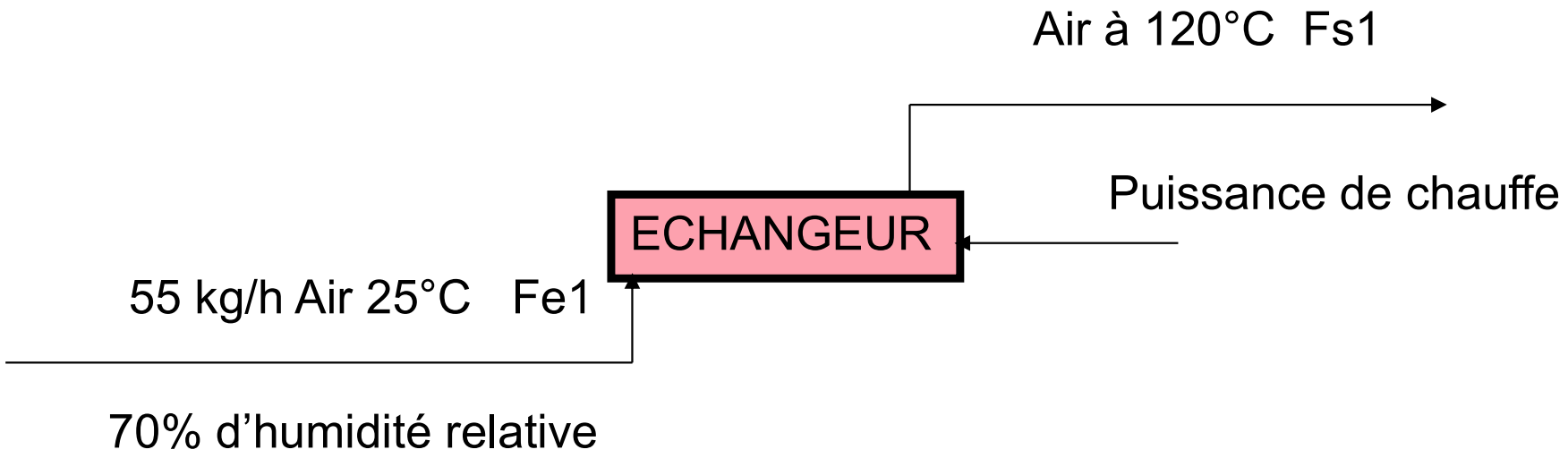
600

2740

Préparation d'une boisson soluble à base de lait surprotéiné



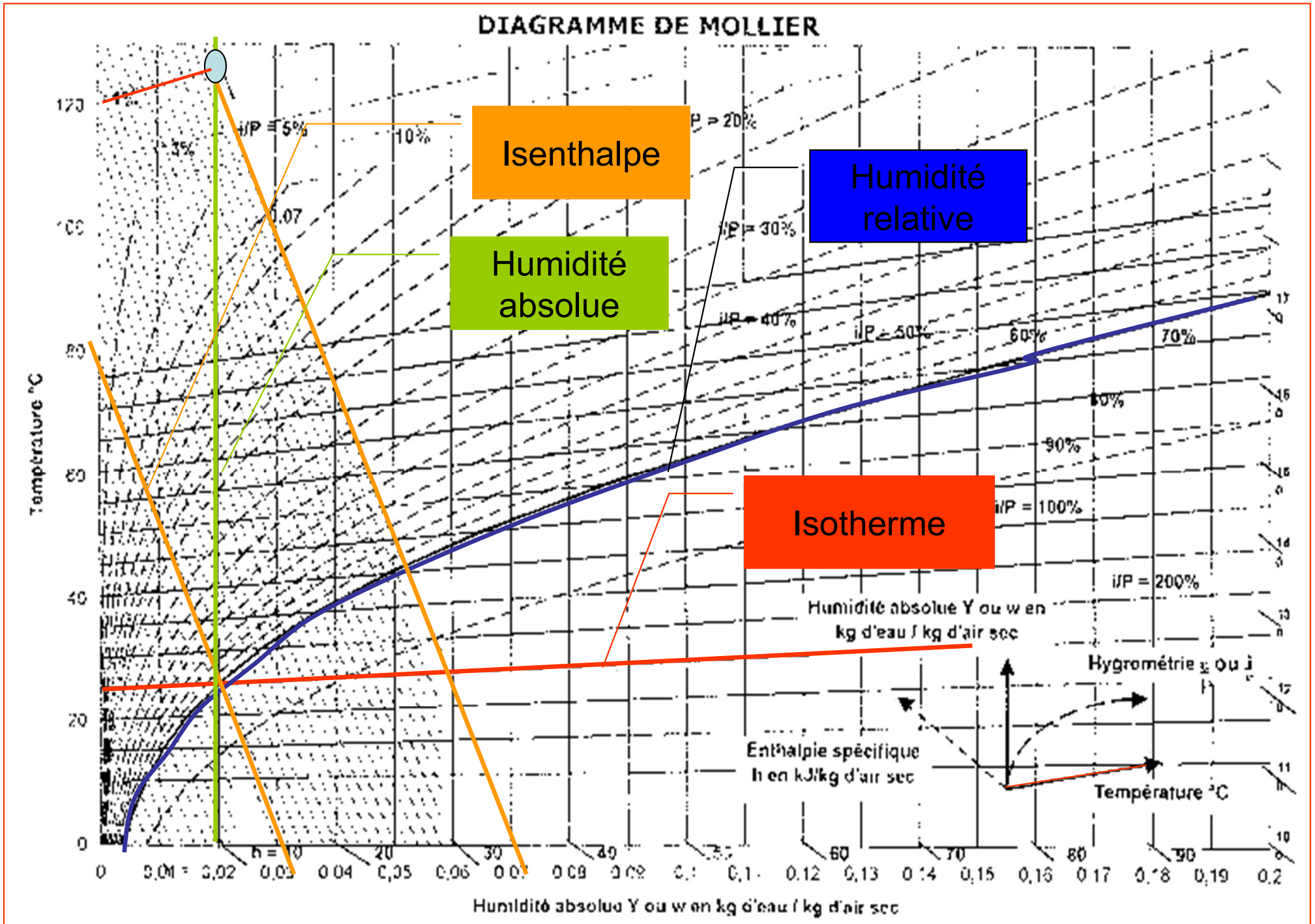
CHAUFFAGE AIR HUMIDE



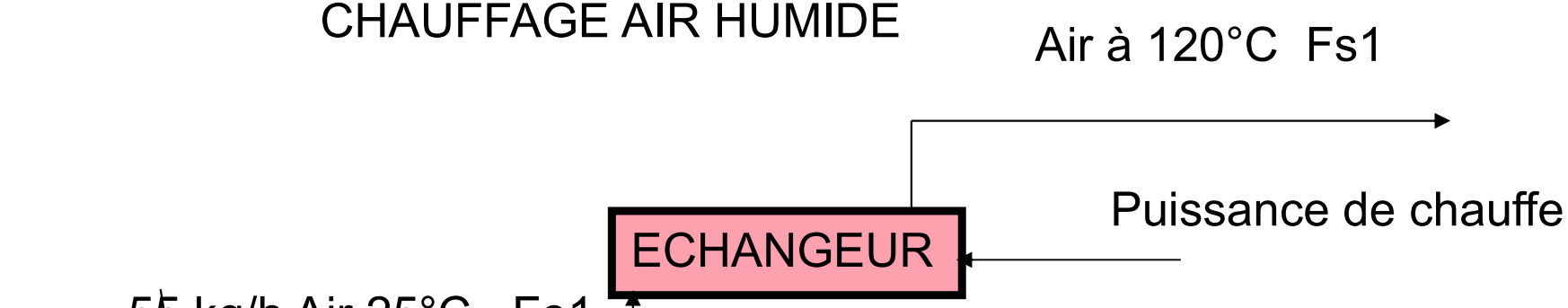
$$Pc + Pe1 = Ps1$$

$$Pc = Ps1 - Pe1$$

$$Pc = Fs1 \times \Delta Hs1 - Fe1 \times \Delta He1$$


DIAGRAMME DE MOLLIER
Isenthalpe
Humidité relative
Humidité absolue
Isotherme
Température °C
Humidité absolue Y ou w en kg d'eau / kg d'air sec
Enthalpie spécifique h en kJ/kg d'air sec
Hygrométrie χ ou j
Température °C
i/P = 5%
10%
20%
30%
40%
50%
60%
70%
80%
90%
i/P = 100%
i/P = 200%

CHAUFFAGE AIR HUMIDE



70% d'humidité relative

Eau / Air sec= 0,02 kg/kg

Air sec + Eau = 55 kg/h

Eau = Air sec * 0,02

Air sec = 55 - Eau

Air sec = 55 - Air sec * 0,02

Air sec = 55 / 1,02

Air sec = 53,92 kg/h

Eau = 1,08 kg/h



$$Pc = Ps1 - Pe1$$

$$Pc = Fs1 \times \Delta Hs1 - Fe1 \times \Delta He1$$

$Fs1 = Fe1 \Rightarrow$ Air sec = 53,92 kg/h Eau = 1,08 kg/h

Tr=0

$$53{,}92 \times 35 + 1{,}08 \times (1{,}88 * (120 - Tr))$$
$$- 53{,}92 \times 15 + 1{,}08 \times (1{,}88 * (25 - Tr))$$
$$Pc = 53{,}92 * (35 - 15) + 1{,}08 \times 1{,}88 (120 - 25)$$

Pc = 1271,3 kJ/h

Pc = 1271,3 *1000/3600= 353,14 W

PROCÈDE DE FABRICATION DE L'ACIDE NITRIQUE

Combustion de l'ammoniac

Le mélange air-ammoniac entre au brûleur K1 à 5 bars abs et 130 °C avec un titre en ammoniac de 11,0 % molaire.
Dans le dôme du brûleur le mélange air-ammoniac passe à travers une grille de distribution afin de se répartir uniformément sur une dizaine de toiles d'un alliage platine-rhodium reposant sur un panier rempli d'anneaux de Raschig en alumine.

La réaction s'effectue à 890 °C selon l'équation principale:

$NH_3 + 5/4\ O_2 \rightarrow NO + 3/2\ H_2O$ (1)

Une réaction secondaire a également lieu:

$NH_3 + 3/4\ O_2 \rightarrow 1/2\ N_2 + 3/2\ H_2O$ (2)

Le taux de conversion de l'ammoniac est unitaire et la sélectivité de la réaction principale est de 95,5 %.

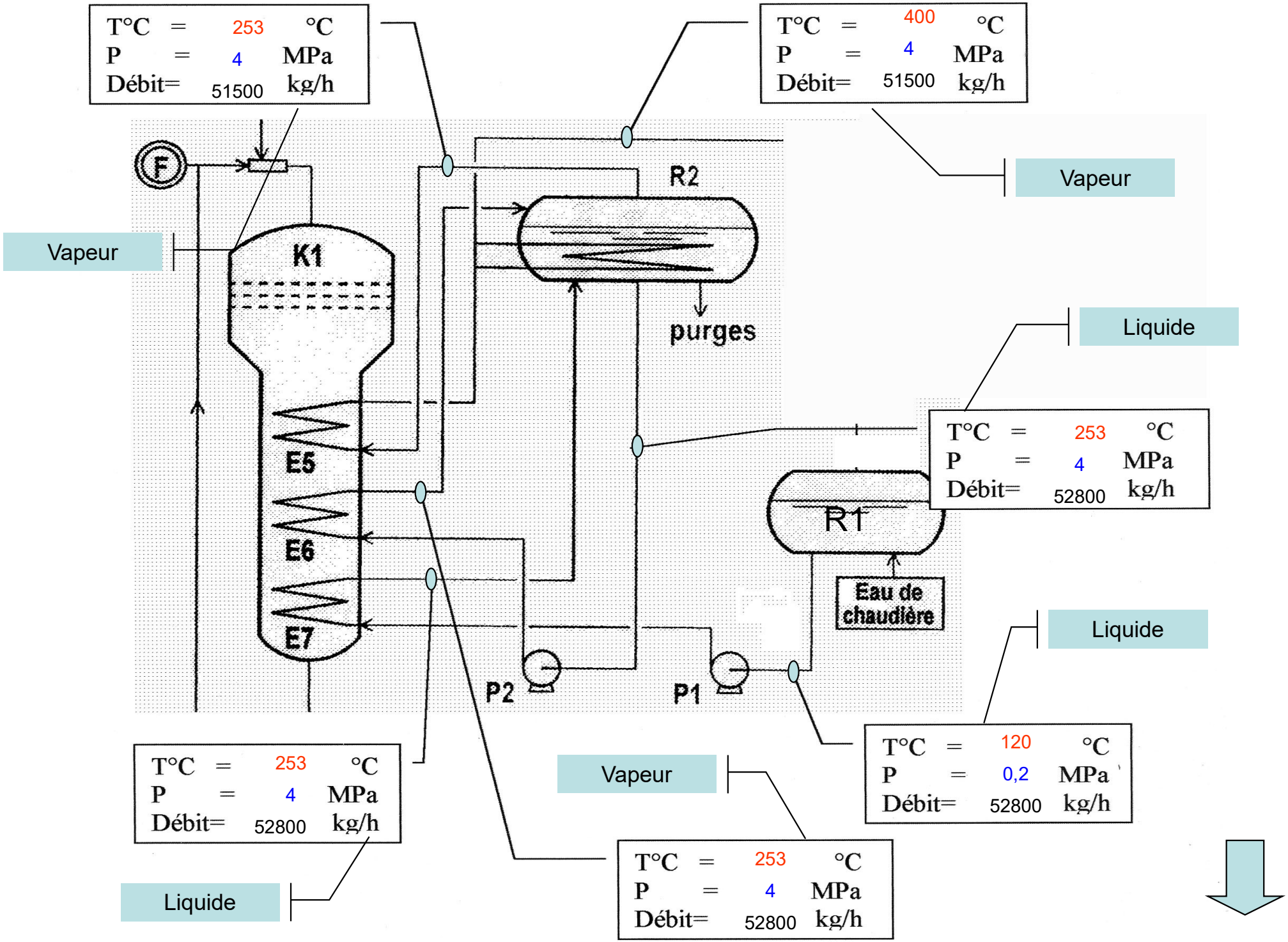
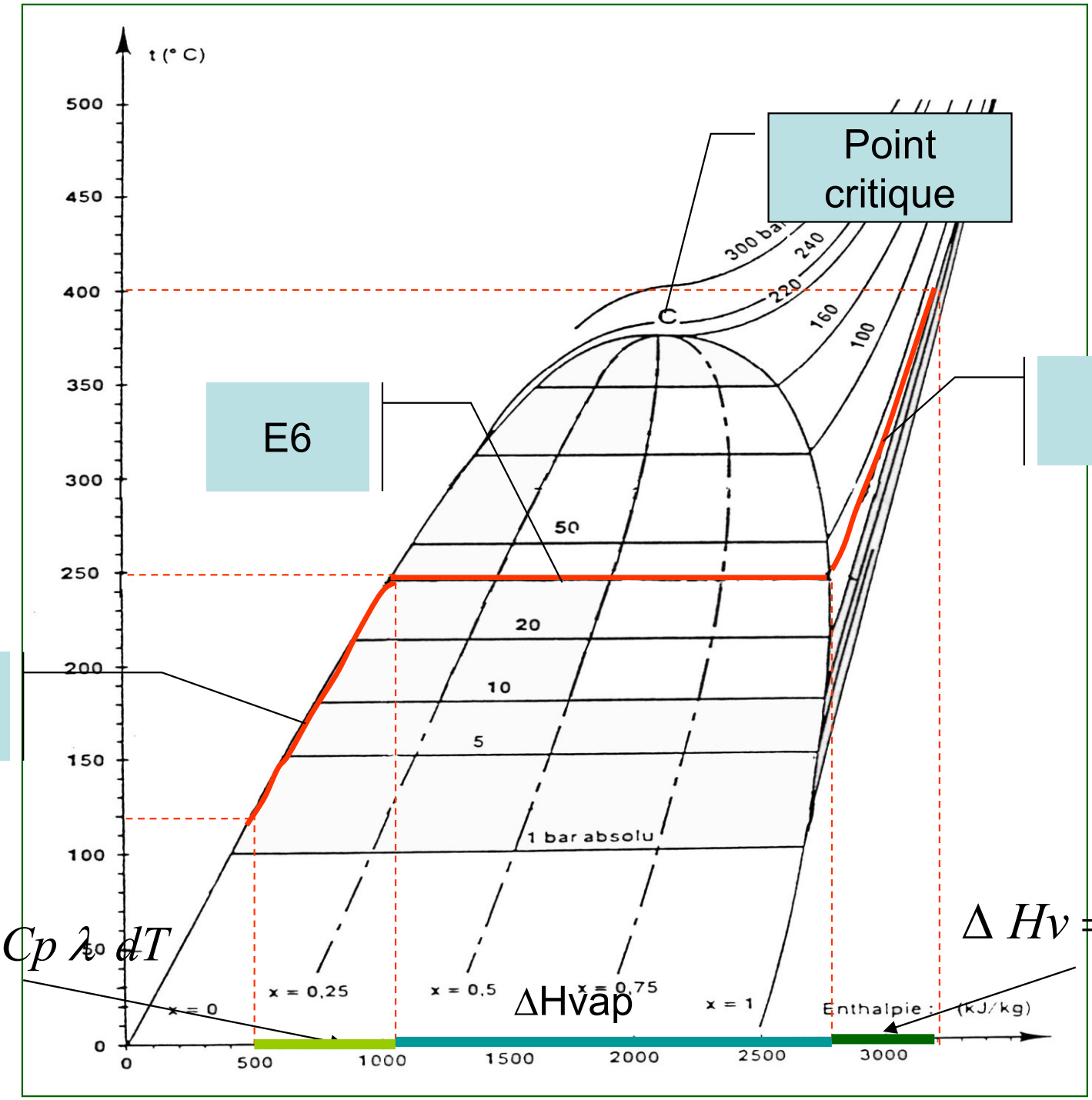

T°C = 253 °C
P = 4 MPa
Débit= 51500 kg/h
T°C = 400 °C
P = 4 MPa
Débit= 51500 kg/h
Vapeur
Vapeur
F
K1
R2
purges
E5
E6
E7
Liquide
T°C = 253 °C
P = 4 MPa
Débit= 52800 kg/h
R1
Eau de chaudière
P2
P1
Liquide
T°C = 120 °C
P = 0,2 MPa
Débit= 52800 kg/h
T°C = 253 °C
P = 4 MPa
Débit= 52800 kg/h
Vapeur
T°C = 253 °C
P = 4 MPa
Débit= 52800 kg/h
Liquide

DIAGRAMME ENTHALPIQUE DE L'EAU



Point critique

E6

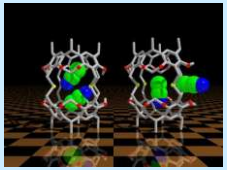
E5

E7

$$\Delta H\lambda = \int_{T1}^{T2} Cp\,\lambda\, dT$$

$$\Delta Hv = \int_{T1}^{T2} Cpv\, dT$$

Génie des Procédés.



Contact



D.Toueix daniel.toueix@gmail.com

