

AT02

Cas difficiles

*A : Tuyauteries ouvertes et
fermées*

B : Modélisation "boîte noire"

Tuyauteries ouvertes et fermées

1. Tuyauteries ouvertes et fermées

- a) Équations générales
- b) Cas d'étude

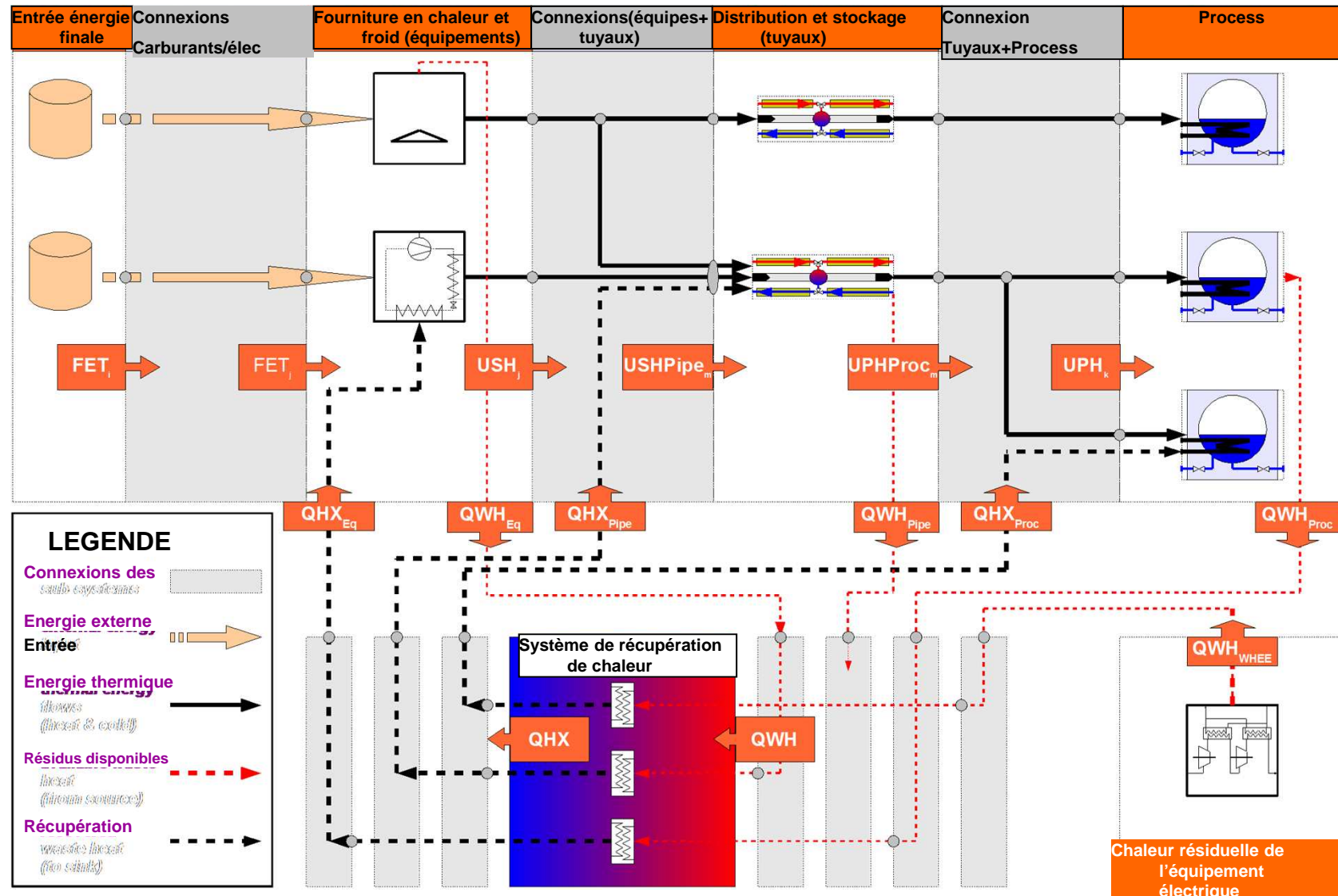
2. Récupération totale des condensats

- a) Pas de récupération des condensats
- b) Récupération partielle des condensats
- c) Exercice
- d) Cas particulier : injection de vapeur
 - La chaleur résiduelle appartient à la tuyauterie
 - La chaleur résiduelle appartient au processus

3. Modèle "boîte noire"

- a) Modélisation du processus
- b) Cas d'étude
 - Condensats perdus
 - Condensats récupérables

Tuyauteries ouvertes et fermées



Tuyauteries ouvertes et fermées

La quantité de chaleur totale entrant dans les différents circuits de distribution est :

$$\dot{Q}_{USH, pipe, m} = \dot{Q}_{USH, m} + \dot{Q}_{QHX, m}$$

$\dot{Q}_{USH, m}$ fourniture de chaleur utile par l'équipement de conversion au tuyau m

$\dot{Q}_{QHX, m}$ chaleur résiduelle récupérée transmise directement au tuyau m (par ex. préchauffage ou circuit de retour).

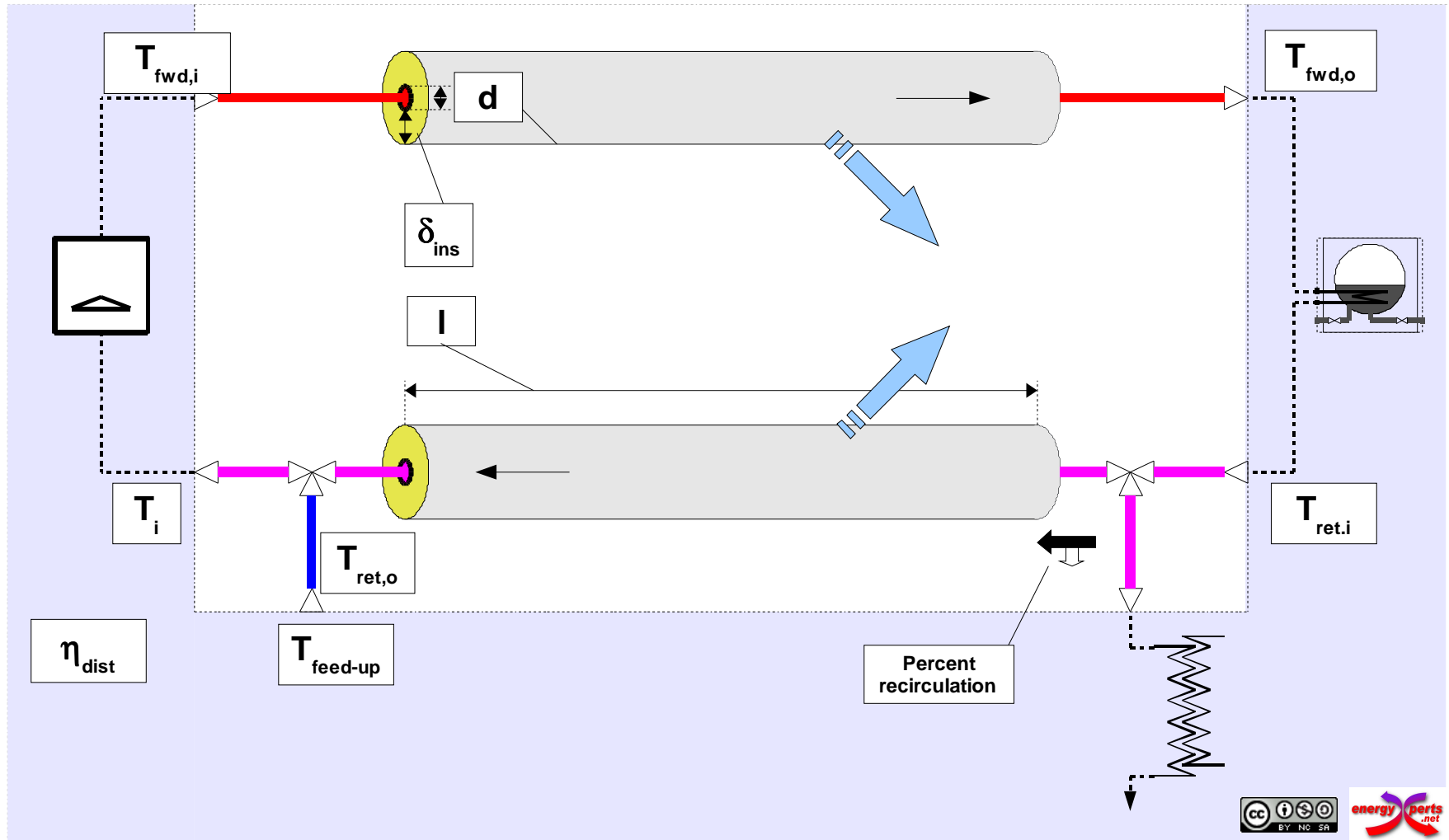
général :

$$\dot{Q}_{USH, pipe, m} = \dot{Q}_{UPH, proc, m} + \dot{Q}_{WH, pipe, m} + \dot{Q}_{losses, pipe, m}$$

Rendement de la distribution :

$$\eta_{dist} = UPH_{proc, m} / USH_{pipe, m}$$

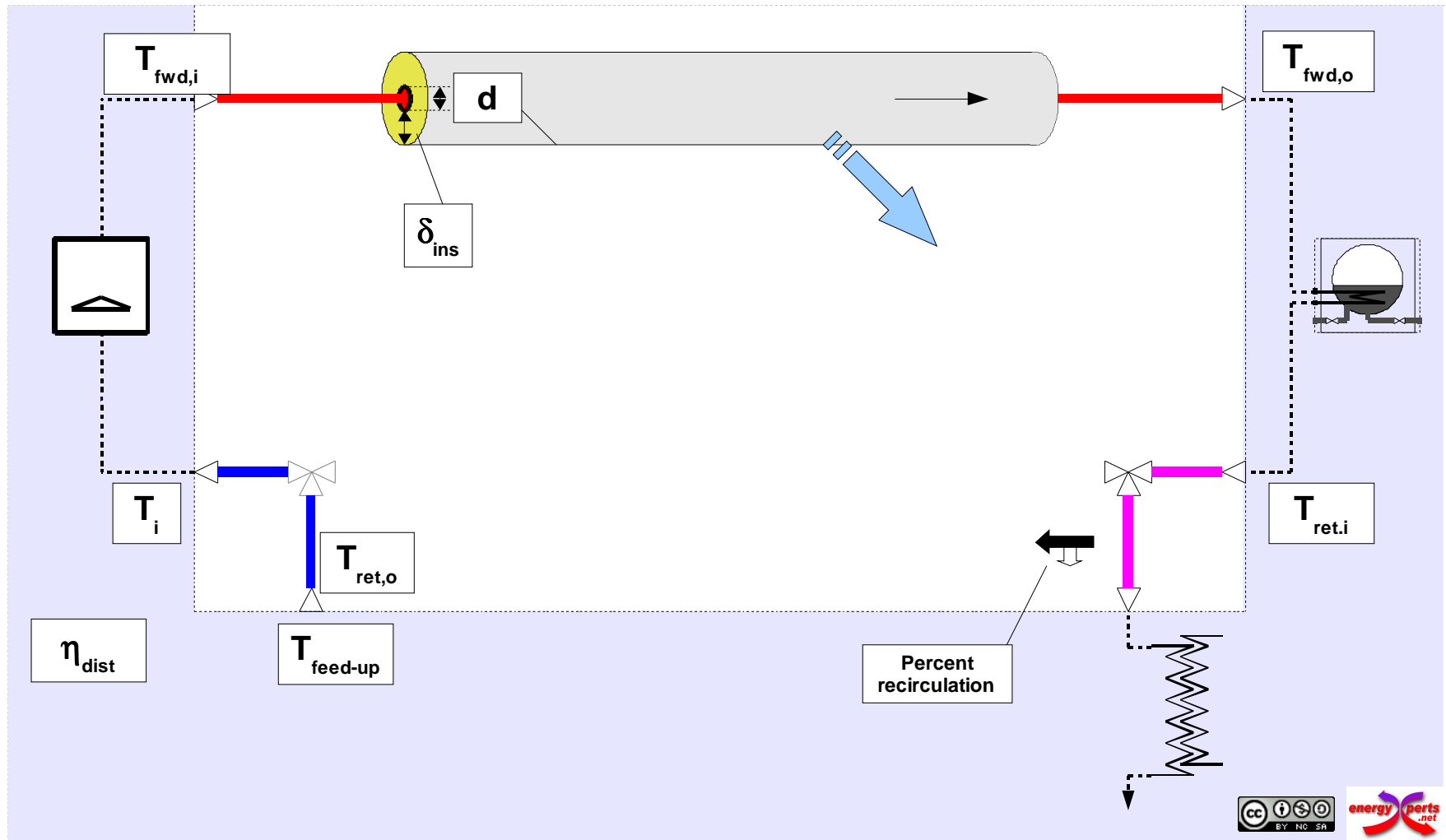
Tuyauterie fermée



Tuyauteries ouvertes et fermées

Tuyauterie ouverte

EINSTEIN thermal energy
industry audit



Tuyauteries ouvertes et fermées

Equation du bilan énergétique général :

$$\dot{Q}_{USH, pipe, m} = \dot{Q}_{UPH, proc, m} + \dot{Q}_{WH, pipe, m} + \dot{Q}_{losses, pipe, m}$$

CAS GÉNÉRAL :

$$\dot{Q}_{USH, pipe, m} = q_{m, fwd} h_{fwd} - q_{m, ret} h_{ret} - q_{m, feedup} h_{feedup}$$

CIRCUIT FERMÉ :

$$\dot{Q}_{USH, pipe, m} = q_{m, fwd} h_{fwd} - q_{m, ret} h_{ret}$$

CIRCUIT OUVERT :

$$\dot{Q}_{USH, pipe, m} = q_{m, fwd} h_{fwd} - q_{m, feedup} h_{feedup}$$

fwd : forward (transmise au processus)

ret : retour (condensats)

feed up : (alimentation de la chaudière)

Tuyauteries ouvertes et fermées

Cas général :

- fluide de processus : eau
- fluide de distribution : vapeur

Processus

Eau chaude

$T_p = 50^{\circ}\text{C}$

Maintien : 100 kW

10 h/jour, 260 jours/an

UPH (chaleur utile du processus) = 260 MWh

Production

chaudière à vapeur

rendement : 80 %

puissance nominale : 500 kW

10 h, 260 jours/an

Distribution

Vapeur 2 bars ($T_{\text{evap}}=120,23^{\circ}\text{C}$, $h_{\text{vap}}=2203 \text{ kJ/kg}$, $cp_l=4,21 \text{ kJ/kgK}$, $cp_v=2,05 \text{ kJ/kgK}$)

$T_{\text{distribution}} : 125^{\circ}\text{C}$

$T_{\text{retour}} : 60^{\circ}\text{C}$

$T_{\text{lim}} : 10^{\circ}\text{C}$

longueur : 100 m

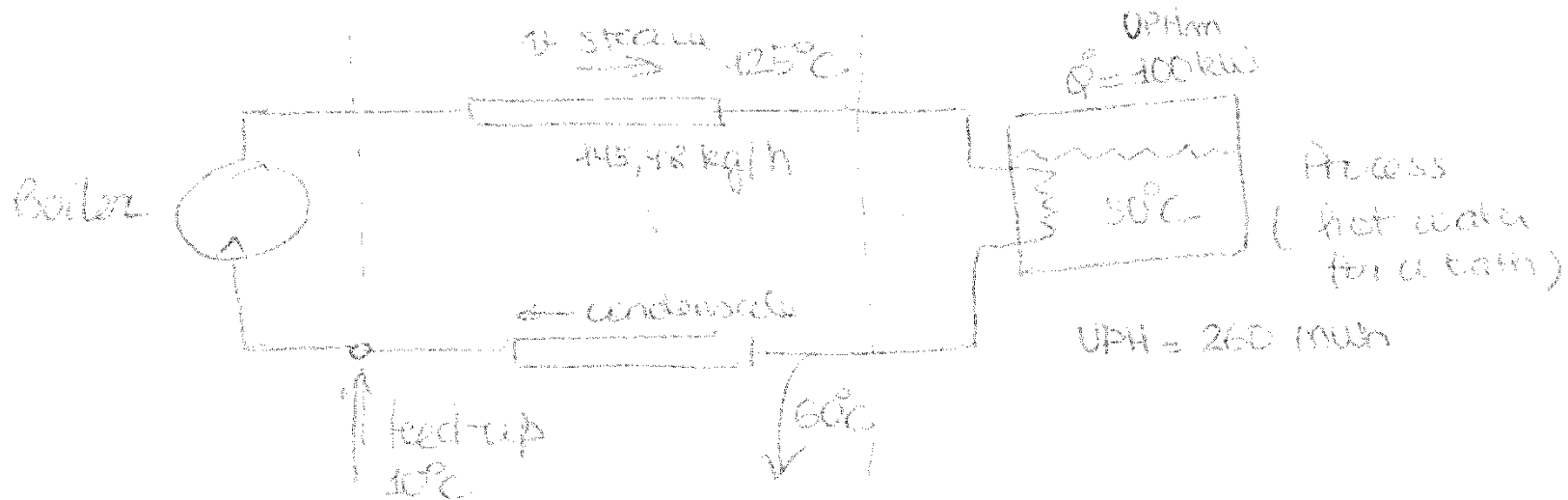
coefficient de pertes thermiques : $0 \text{ kW/K} \rightarrow Q_{\text{pertes}} = 0$

avec les données ci-dessus : flux résultants = 145,48 kg/h

-> Étude de la variation du débit de recirculation (r)

Tuyauteries ouvertes et fermées

Cas général :



	R=1	R=0,5	R=0
UPH	260	260	260
QWH	0	11	22
USH	260	271	282
Rendement de la distribution	1	0,96	0,92

Tuyauteries ouvertes et fermées

Cas particulier : Injection de vapeur

- fluide de processus : eau
- fluide de distribution : vapeur



		La chaleur résiduelle appartient à la tuyauterie	La chaleur résiduelle appartient au processus
Processus	Maintien [kW]	100	100
	V_fluxentrée [kg/h]	-	= V_vapeur_dist = 143,22
	T_fluxentrée [°C]	-	= T_alim=10
	V_fluxsortie [kg/h]	-	= V_vapeur_dist = 143,22
	T_fluxsortie [°C]	-	50
	QWH_processus [MWh]	0	17
	UPH [MWh]	260	277
Tuyau	Débit de retour	0-1 (0 dans l'exemple)	0
	T_retour [°C]	50	=T_feedup=10
	T_feedup [°C]	10	10
	QWHTuyau [MWh]	17 (r=0)	0
	USH	277	277

QWHProc : UPH haute, si la chaleur résiduelle des processus est récupérée -> ceci est considéré comme une mesure d'efficacité énergétique

QWHTuyau : UPH basse, si la chaleur résiduelle n'est pas récupérée -> ceci est considéré comme une inefficacité de la distribution

"Boîte noire"

Injection de vapeur :

- fluide de processus : vapeur
- fluide de distribution : vapeur

Processus

Vapeur 2 bars

$T_p = 120,23^{\circ}\text{C}$

Maintien : 89,7 kW (calcul manuel du
maintien -> évaporation)

10 h/jour, 260 jours/an

Entrée : 145,48 kg/h vapeur 2 bars

Tentrée = (dépend du tuyau)

Production

Chaudière à vapeur

Rendement : 80 %

Puissance nominale : 500 kW

10 h, 260 jours/an

Tuyaux

Vapeur 2 bars ($T_{\text{evap}}=120,23^{\circ}\text{C}$, $h_{\text{vap}}=2203 \text{ kJ/kg}$,
 $cp_l=4,21 \text{ kJ/kgK}$, $cp_v=2,05 \text{ kJ/kgK}$)

$T_{\text{distribution}} : 125^{\circ}\text{C}$

Tretour : (dépend du type de modélisation)

Talim : 10°C

longueur : 100 m

coefficient de pertes thermiques : $0 \text{ kW/K} \rightarrow Q_{\text{pertes}} = 0$

"Boîte noire"

Injection de vapeur, types de modélisation :

La chaleur résiduelle appartient à la tuyauterie :

Processus

Flux d'entrée : 145 kg/h

$T_{\text{flux d'entrée}} = T_{\text{retour}} = 60^{\circ}\text{C}$

Tuyaux

$T_{\text{retour}} = 60^{\circ}\text{C}$

$r=0$

La chaleur résiduelle appartient au processus :

Processus

Flux d'entrée : 145 kg/h

$T_{\text{flux d'entrée}} = T_{\text{feed-up}} = 10^{\circ}\text{C}$

Flux de sortie : 145 kg/h

$T_{\text{flux sortie}} = T_{\text{retour}} = 60^{\circ}\text{C}$

Tuyaux

$T_{\text{retour}} = T_{\text{feed-up}} = 10^{\circ}\text{C}$

$r=0$

"Boîte noire"

Résultats de l'injection de vapeur avec le modèle de la "boîte noire" :

		Condensats récupérables (la chaleur résiduelle appartient à la tuyauterie)	Condensats perdus (la chaleur résiduelle appartient au processus)
	V_fluxentrée [kg/h]	= V_vapeur_dist = 145,48	= V_vapeur_dist = 145,48
	T_fluxentrée [°C]	= T_retour = 60	= T_alim =10
	V_fluxsortie [kg/h]	-	= V_vapeur_dist = 145,45
	T_fluxsortie [°C]	-	60
	QWH_processus [MWh]	0	22
	UPH [MWh]	260	282
Tuyau	Débit de retour	0-1 (0 dans l'exemple)	0
	T_retour [°C]	60	=T_feedup=10
	T_feedup [°C]	10	10
	QWHTuyau [MWh]	22 (r=0)	0
	USH	282	282