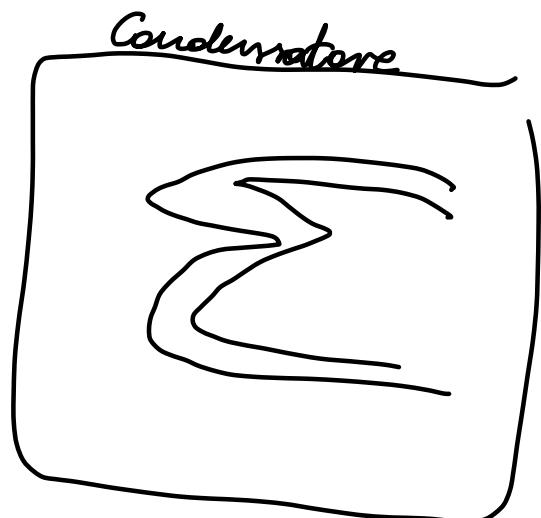


## Lettione 20 -

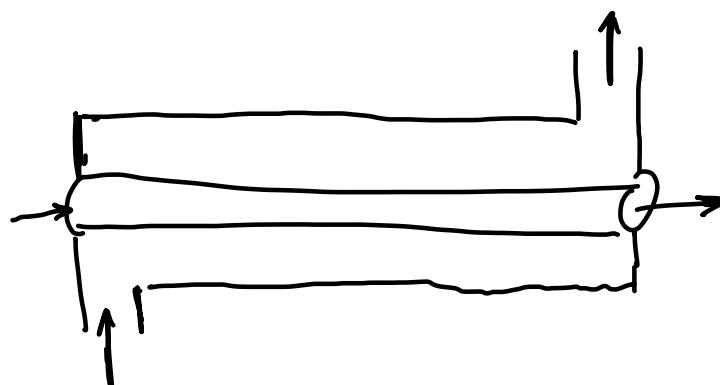
### Scambiatori di Calore

ci sono tipi diversi di scambiatori,  
hanno usi e metodi diversi di  
scambiamento

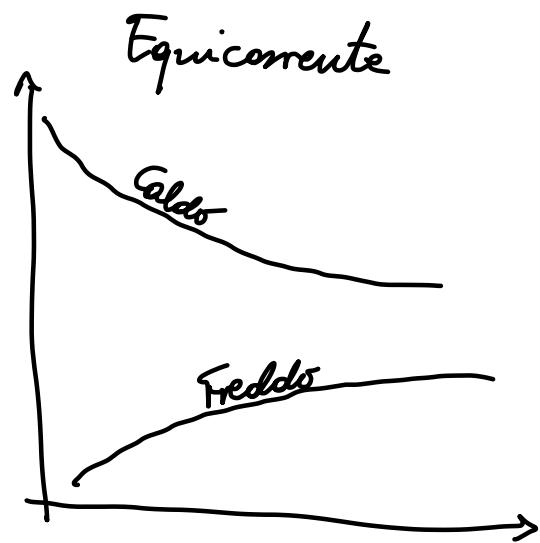
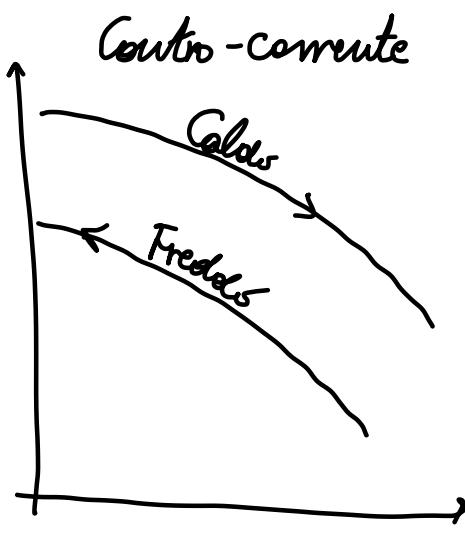


### Scambiatore a Doppio Tubo

- Due tubi uno dentro l'altro



Se faccio lo stesso di reazione  $\Rightarrow$  equi corrente



A parità di temperature e fluidi, contro corrente è più efficiente / serve meno area di scambio

### Scambiatori Compatti

Grossa superficie di Scambio ( $m^2$ )  $\rightarrow \beta (> 700)$   
Unità di Volume ( $m^3$ )  $\hookrightarrow$  Permette  
 compatto

$\hookrightarrow$  Usati in limitate di spazio

- radiatori ( $\beta = 1000 \frac{m^2}{m^3}$ )

- turbine ( $6000 - \beta$ )

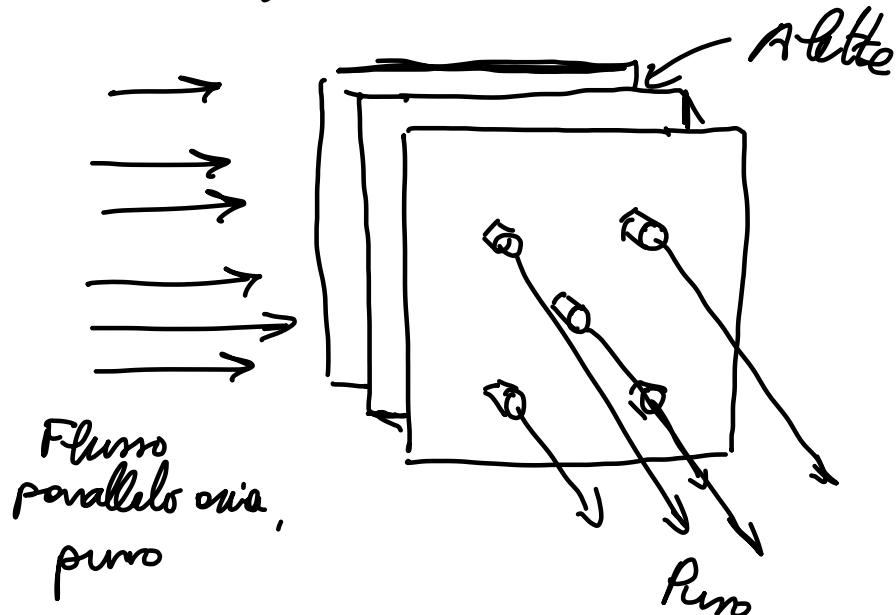
- rigeneratori per motori stirling ( $\beta = 15000$ )

- polimeri ( $\beta \approx 20000$ )

### Tipi di Scambiatori Compatti

$\hookrightarrow$  gas-gas

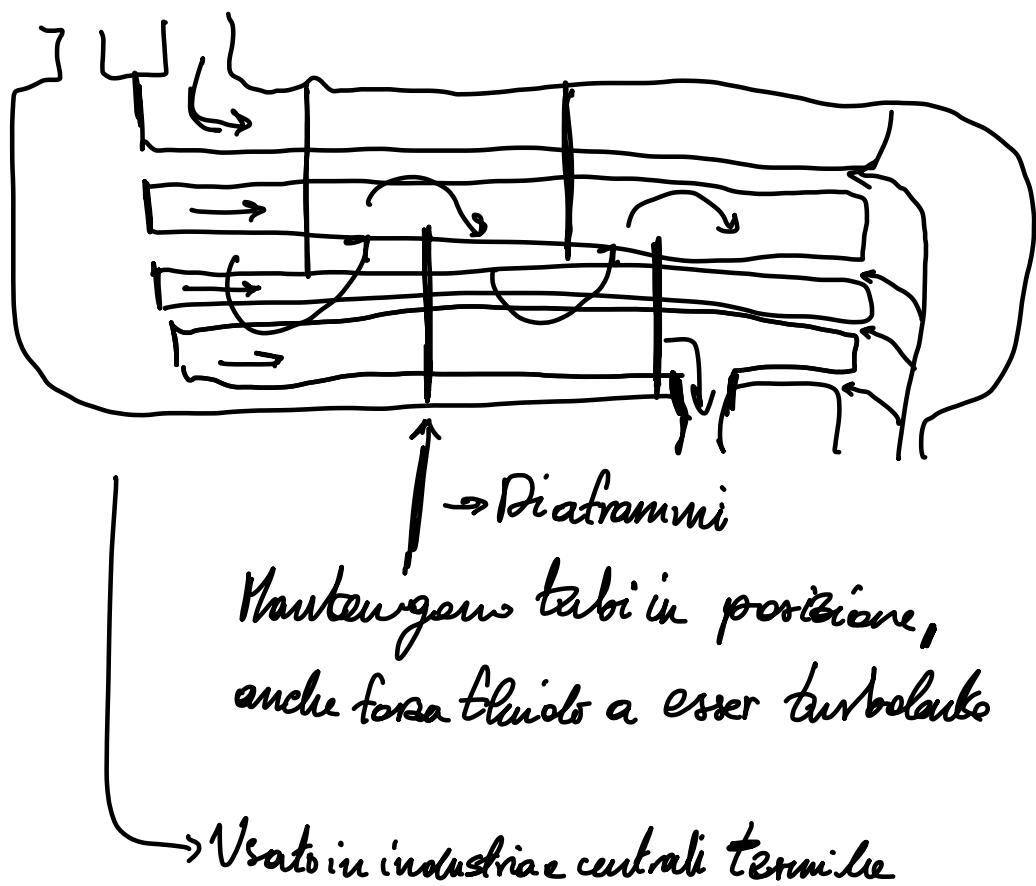
↳ gas - liquido



In assenza  
tutte le alette  
il flusso d'aria  
è misto

### Mantello Shell and Tube

↳ caso industriale, perché troppo grandi



Mantenere tubi in posizione,  
anche forza fluido a esser turbolento

## Scambiatori a piastre e telaio

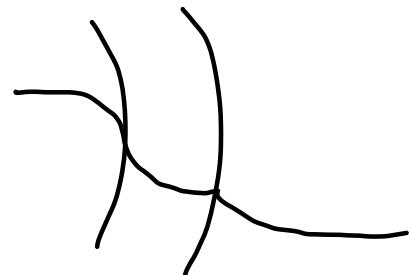
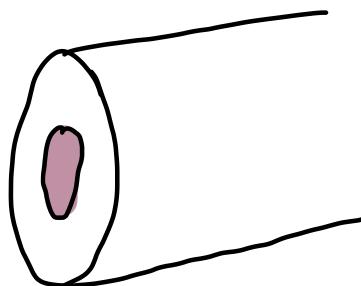
Fluido a fluido

## Coefficiente di Scambio Termico

Con doppio tubo per esempio:

2 convezioni

1 conduzione



$$R_{TOT} = \frac{1}{\bar{h}_i A_i} + \frac{\ln(D_o/D_i)}{2\pi k L} + \frac{1}{\bar{h}_o A_o}$$

$$\dot{q} = \frac{\Delta T}{R_{TOT}} = UA \Delta T$$

$\underbrace{\hspace{10em}}$  coefficiente di scambio

se  $A_i \approx A_o \approx A_s$

$$\hookrightarrow \frac{1}{J} \approx \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_o}$$

$\hookrightarrow$  se  $h_i \gg h_o$

$$\frac{1}{J} \approx \frac{1}{h_o}$$

il fluido che scambia  
el calore possiede tutta la  
scambio termico

$\hookrightarrow$  se  $h_o \gg h_i$

$$\frac{1}{J} \approx \frac{1}{h_i}$$

Ultimori Resistenze da varo a lungo termine.

$\hookrightarrow$  Depositi di calcaro si formano che formano resistenze aggiuntive

$\hookrightarrow$  si può trattare l'acqua ma non lo rinnova  
completamente

Fattore di Sporcoamento  $\rightarrow R_f$  a causa di questi  
accumulamenti

$\hookrightarrow$  casi:

$\hookrightarrow$  precipitazione

$\hookrightarrow$  convezione

Allora:

$$R_{TOT} = \frac{1}{h_i A_i} + \frac{R_{fi}}{A_i} + \frac{h_o (D_o / D_i)}{2\pi k L} + \frac{R_{f,v}}{A_o} + \frac{1}{h_o A_o}$$

## Analisi di Scambiatori di Calore

Casi:

↳ sappiamo:  $T_e$  in

↳ dobbiamo: scegliere e progettare scambiatori

↳ sappiamo

Metodo:

- media logaritmica delle temperature

- effettività ( $E \cdot NTU$ )



numero unità termiche

Casi:

→ 1) conosco  $\dot{m}$ ,  $T_{L,i}$ ,  $T_{C,i}$ ,  $T_{F,i}$ ,  $T_{F,U}$

Determino

- tipo di scambiatore (applicazione)

- valore  $U$  (con  $R_f$ ;

-  $A \rightarrow$  superfici di scambio

- Scelgo scambiatore con A colonne

Caso 2) E-N<sub>TU</sub>

- conosco caratteristiche scambiatore

- conosco  $m_c$  e  $m_f$ ,  $T_{ci}$ ,  $\bar{T}_{fi}$

- calcolo  $\dot{q}$

- calcolo  $T_{cu}$  e  $\bar{T}_{fu}$

Scambio tra 2 fluidi, calcolo e 1 treddolo

$$\dot{Q} = \dot{m}_c c_p^* (T_{ci} - T_{cu}) = C_c (\bar{T}_{cu} - T_{ci})$$

!!

$$\dot{Q} = \dot{m}_f c_p^* (T_{fu} - T_{fi}) = C_f (\bar{T}_{fu} - T_{fi})$$

$$C = \dot{m} q'$$

se C sono uguali, allora  $\Delta T$  con uguali

se un fluido va da liquido a vapore:

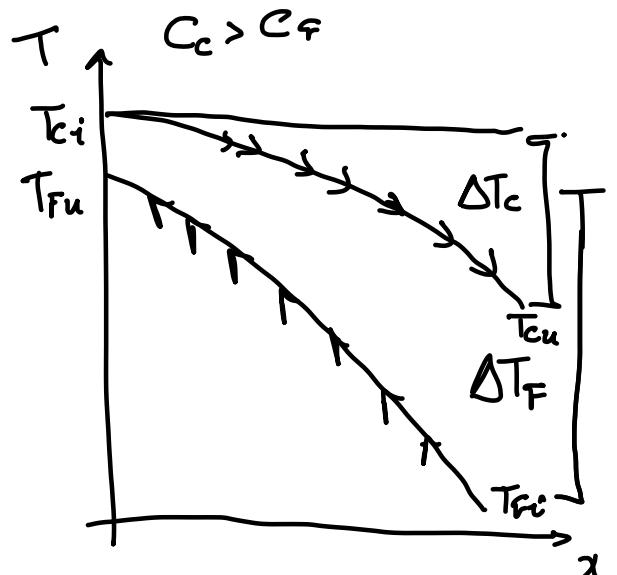
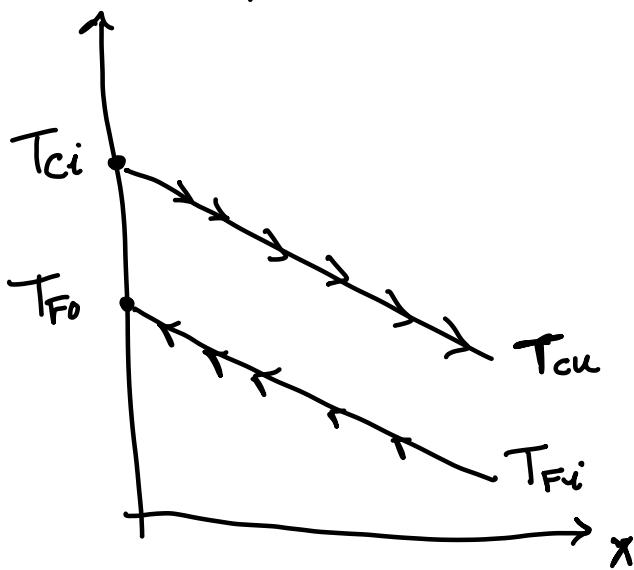
$$\dot{Q} = \dot{m} h_{fg}$$

(

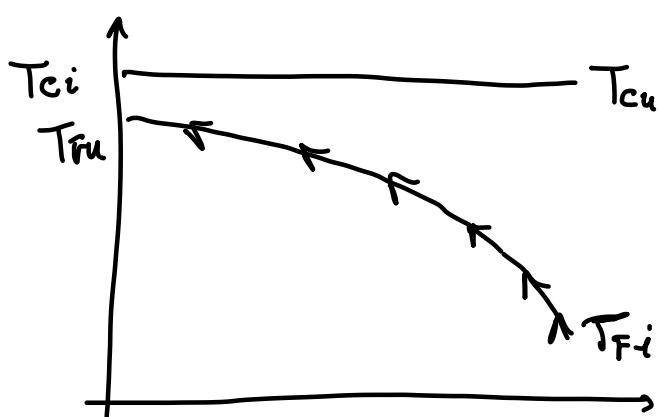
più causare  $\Delta T$   
 per questa ragione si ha  $\dot{Q}$  invece di  $\Delta T$

### Scambio di Calore contro corrente

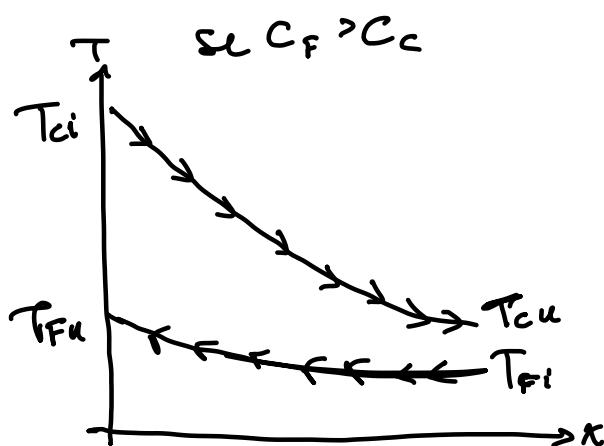
$$C_c = C_f \Rightarrow T_{ci} - T_{cu} = T_{fu} - T_{fi}$$



CONDENSATORE  $C_c \rightarrow \infty$  /  $C_c \gg C_f \leftarrow$  caso limite

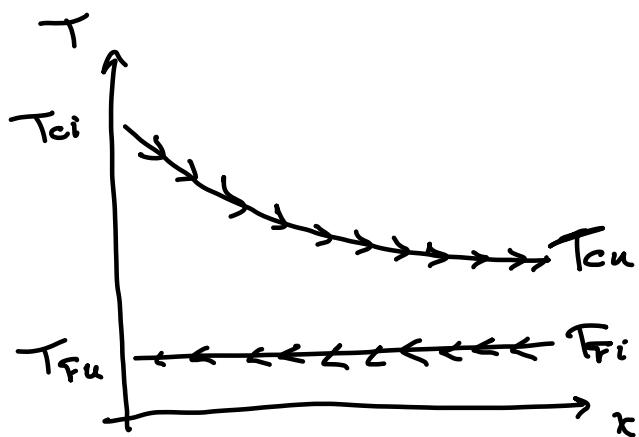


Si fa la parcia verso il fluido con  $C$  più elevato



Caso limite:

EVAPORATORE  $C_p \rightarrow \infty$   $\Delta T_f \rightarrow 0$



Dif. Temp. Media Logaritmica  $\Rightarrow$  metodo per trovare  $\dot{Q}$

$$\delta \dot{Q} = -m_a c_{ph} dT_h$$

$$\delta \dot{Q} = \frac{1}{m_c c_{pc}} dT_c$$

$$\Rightarrow dT_h = \frac{-\delta \dot{Q}}{m_a c_{ph}}$$

$$\Rightarrow dT_c = \frac{-\delta \dot{Q}}{\frac{1}{m_c c_{pc}}}$$

$$dT_h - dT_c = d(T_h - T_c) = -\delta \dot{Q} \left( \frac{1}{m_a c_{ph}} + \frac{1}{m_c c_{pc}} \right)$$

$$\dot{Q} = V(T_h - T_c) dA_s$$

$$\frac{d(T_h - T_c)}{T_h - T_c}$$

$\Rightarrow$  man stava guardando "

$$\dot{Q} = UA_s \Delta T_{\text{em}}$$

$$\Delta T_{\text{em}} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln(\Delta T_1 / \Delta T_2)}$$

$$\Delta T_1 = T_{c,\text{in}} - T_{F,\text{in}}$$

$$\Delta T_2 = T_{c,\text{out}} - T_{F,\text{out}}$$

Trondiamo che: a pari  $T_c$  e  $V$  serve meno A

$$\Delta T_{\text{em,cc}} > \Delta T_{\text{em,ec}}$$

↑                      ↑  
contro contro        equicontrario

Metodo  $\varepsilon$ -NTU

$$\varepsilon = \frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_{\text{max}}} = \frac{\text{Portata di Calore Vera}}{\text{Portata di Calore Massima}}$$

$$\dot{Q} = C_e (T_{c,\text{out}} - T_{c,\text{in}}) = C_h (T_{h,\text{in}} - T_{h,\text{out}})$$

$$\Delta T_{\text{max}} = T_{h,\text{in}} - T_{c,\text{in}}$$

$$\dot{Q}_{\text{MAX}} = C_{\text{min}} \Delta T_{\text{MAX}} = C_{\text{min}} (T_{h,\text{in}} - T_{c,\text{in}})$$

$$NTU = \frac{UA_s}{C_{min}} = \frac{UA_s}{(inc_p)_{min}}$$

Numero di Unità Termiche

più grande è NTU, più è grande lo scambiatore

Rapporto di Capacità  $c = \frac{C_{min}}{C_{max}}$

Di solito ci si ferma a  $NTU = 3$

Vediamo nei grafici che controcorrente ha sempre E più grande.

NTU è basato sugrafici

Fine Corso