

# Appunti del corso di Istituzioni di tecnologia alimentare

## *Parte 17° Distillazione*

ZEPPA G.  
Università degli Studi di Torino



# ***Separazione***

**Operazioni in cui si ha la separazione dei componenti di una miscela in base a differenze geometriche o/o fisiche**

## ***Operazioni unitarie***

- |                           |                   |                      |
|---------------------------|-------------------|----------------------|
| ✦ Vagliatura              | Filtrazione       | Spremitura           |
| ✦ Centrifugazione         | Decantazione      | Evaporazione         |
| ✦ Separazione con cicloni | Estrazione        | <b>Distillazione</b> |
| ✦ Separazione pneumatica  | Adsorbimento      | Flottazione          |
| ✦ Osmosi inversa          | Cristallizzazione | Deionizzazione       |
| ✦ Elettrodialisi          | Gel-filtrazione   | Degasazione          |
| ✦ Flocculazione           |                   |                      |

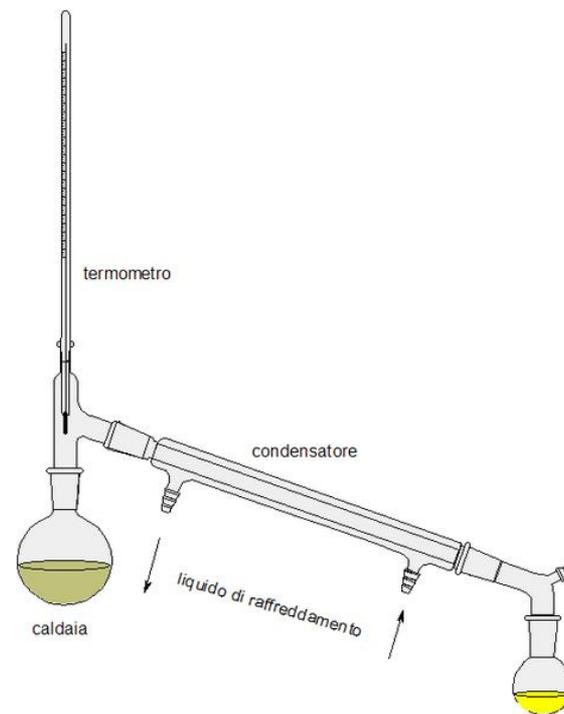
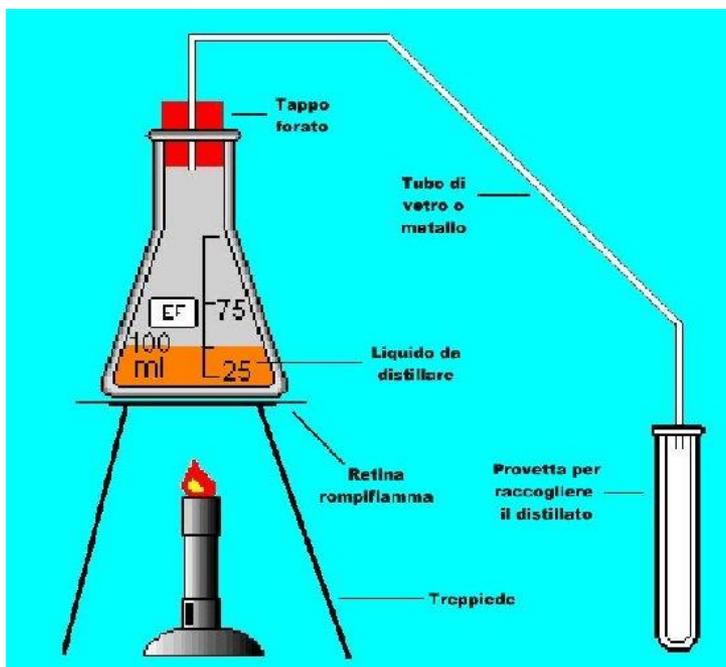
## ***Operazioni complesse***

- |                    |                    |
|--------------------|--------------------|
| ✦ Sgusciatura      | Depicciolatura     |
| ✦ Snocciolatura    | Pelatura           |
| ✦ Detorsolatura    | Disossatura        |
| ✦ Pigiadiraspatura | Crioconcentrazione |
| ✦ Cernita          | Lavaggio           |

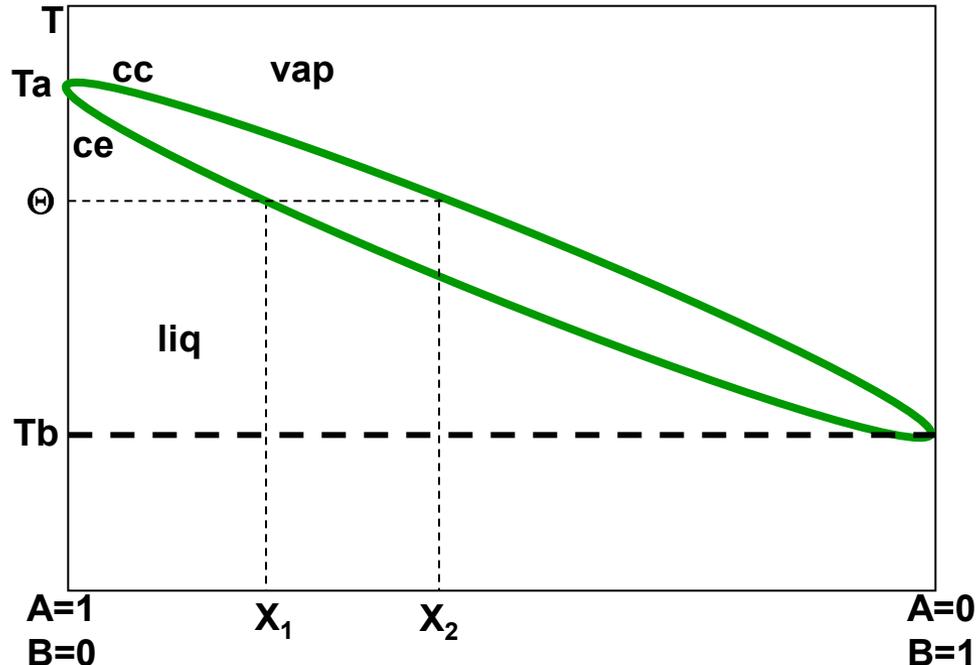
# Distillazione

■ La distillazione è una tecnica di separazione che sfrutta la differenza dei punti di ebollizione delle diverse sostanze presenti in una miscela. È usata sia per separare miscele complesse che per purificare sostanze.

■ È una tecnica nota sin dal Medioevo, applicata principalmente alla produzione di bevande alcoliche. Oggi trova applicazione in numerosi processi chimici, il più importante dei quali è indubbiamente la separazione del petrolio greggio nei suoi diversi componenti



- La distillazione si basa sul fatto che portando una miscela liquida, ad esempio binaria, al suo punto di ebollizione, il componente più volatile passa alla fase vapore in quantità maggiore di quello meno volatile; si ottengono quindi due miscele, una nella fase vapore più ricca del componente più volatile, l'altra nella fase liquida più ricca del componente meno volatile. .



**P=cost**

**Ta** – temperatura di ebollizione A

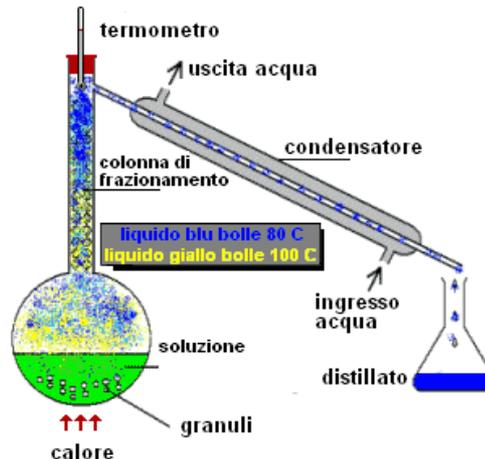
**Tb** – temperatura di ebollizione B

**cc** – curva condensazione

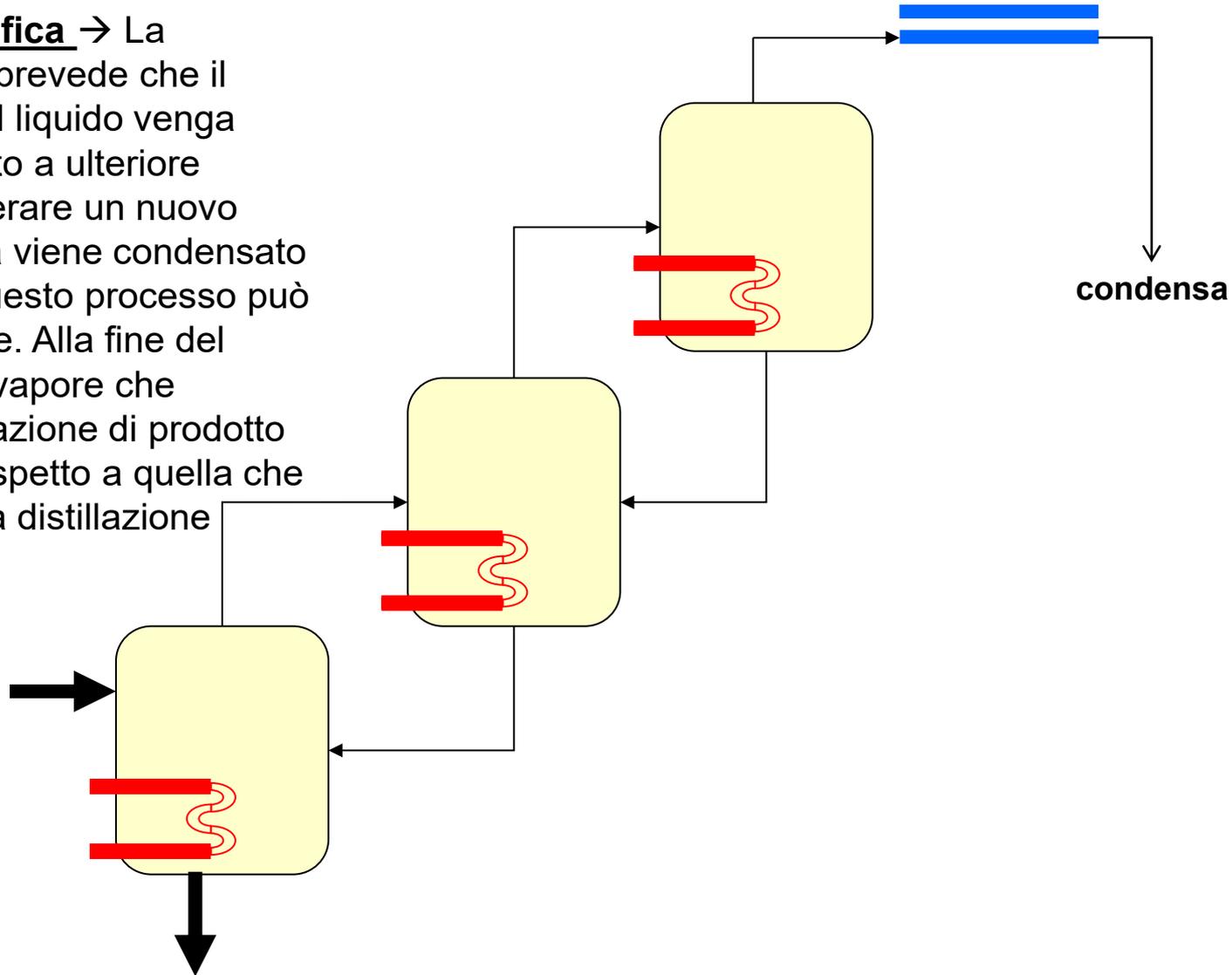
**ce** – curva evaporazione

- Esistono varie tecniche di distillazione

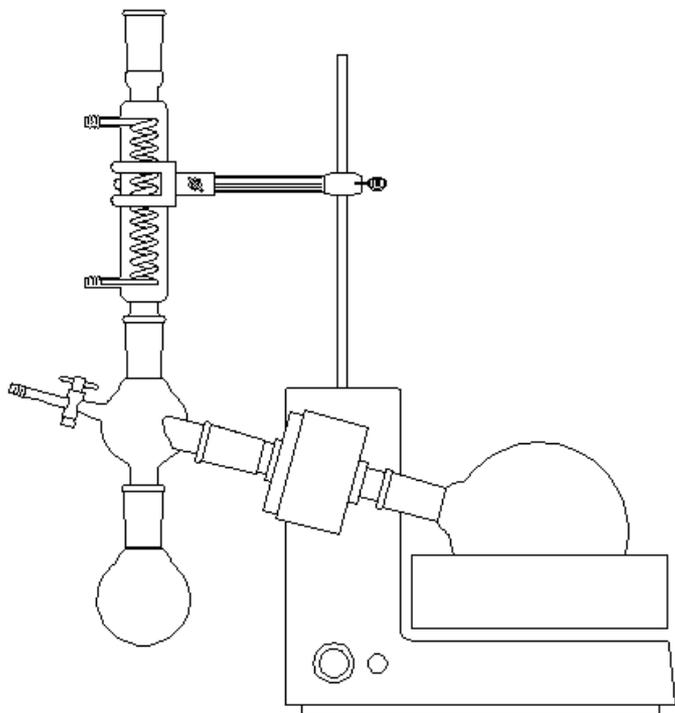
- ✓ **Semplice** → la soluzione liquida viene portata ad ebollizione e il vapore che si libera viene condensato senza che torni in contatto con il liquido in ebollizione
  - Di equilibrio → Si fa evaporare una certa quantità di liquido e si mantiene il vapore formatosi in equilibrio con la porzione di miscela rimasta allo stato liquido; successivamente il vapore prodotto viene allontanato e condensato. I valori delle concentrazioni del liquido e del vapore possono essere ricavati dal diagramma di stato della miscela conoscendo semplicemente la temperatura alla quale si interrompe il riscaldamento e si separano le due fasi.
  - Differenziale → Nella distillazione differenziale il vapore prodotto viene sottratto appena si forma dal contatto con il liquido e subito condensato. Con il procedere della distillazione la composizione del liquido e del vapore variano di continuo. Questo tipo di distillazione è discontinuo e permette di avere più frazioni del prodotto corrispondente a diversi intervalli di temperature di ebollizione; infatti i vapori possono essere condensati in più recipienti separati



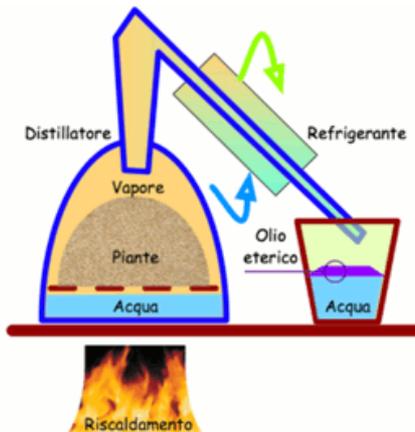
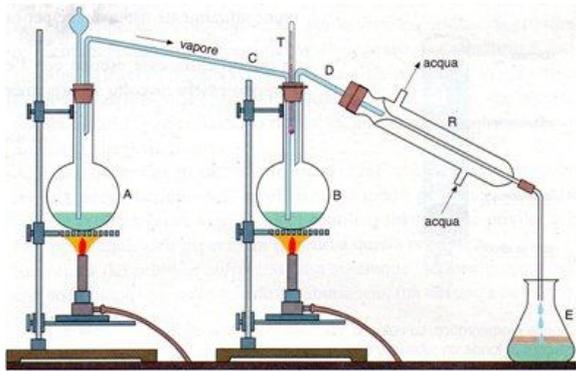
✓ **Frazionata o di rettifica** → La distillazione frazionata prevede che il vapore che si forma dal liquido venga condensato e sottoposto a ulteriore riscaldamento per generare un nuovo vapore, che a sua volta viene condensato e fatto ri-evaporare. Questo processo può essere ripetuto più volte. Alla fine del processo si ottiene un vapore che presenta una concentrazione di prodotto più volatile maggiore rispetto a quella che si può ottenere con una distillazione semplice.



- ✓ **Sotto vuoto** → L'applicazione del vuoto consente di diminuire la temperatura di ebollizione e quindi di effettuare la distillazione a temperature inferiori. Le pompe ad acqua operano a 20-25 torr e portano ad una diminuzione della temperatura di ebollizione di circa 100 °C, le pompe meccaniche operano a circa 0.1 torr e portano ad un abbassamento del punto di ebollizione di circa 200 °C. La tecnica della distillazione sotto vuoto è discontinua ed è alla base del *Rotavapor*

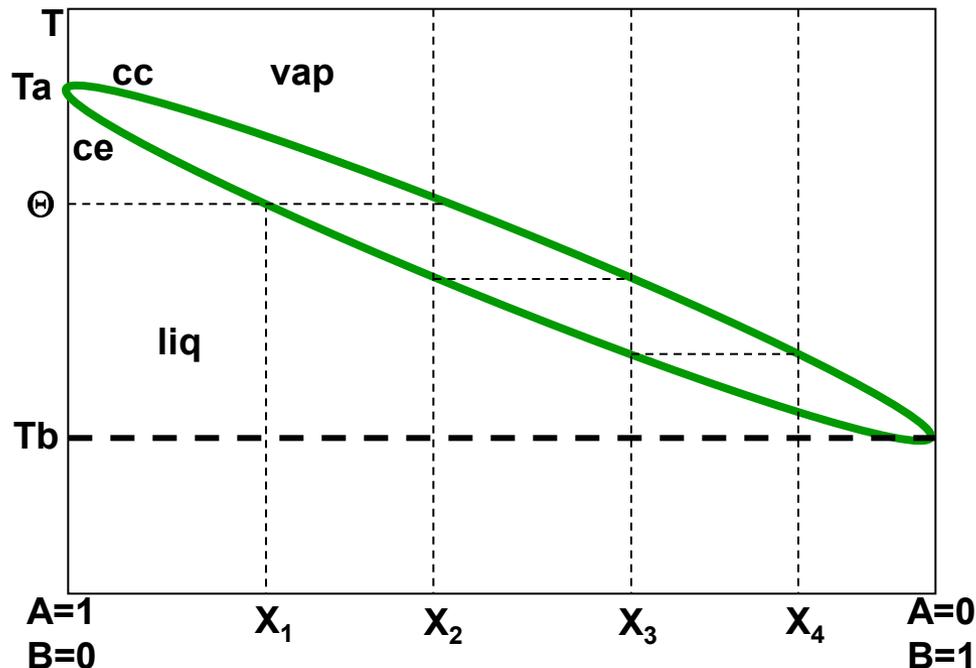


- ✓ **In corrente di vapore** → La miscela od il prodotto vengono attraversati da una corrente di vapore che separa i componenti da recuperare. Il vapore viene quindi ricondensato. Molto usato per il recupero degli oli essenziali dalle spezie e dalle piante aromatiche. Il vapore può essere generato all'esterno del distillatore o all'interno mantenendo il prodotto separato mediante una griglia sul fondo del distillatore



## Distillazione frazionata o di rettifica

● La distillazione si basa sul fatto che portando una miscela liquida, ad esempio binaria, al suo punto di ebollizione, il componente più volatile passa alla fase vapore in quantità maggiore di quello meno volatile; si ottengono quindi due miscele, una nella fase vapore più ricca del componente più volatile, l'altra nella fase liquida più ricca del componente meno volatile. Reiterando in maniera opportuna questa operazione è possibile ottenere una miscela con la concentrazione dei componenti desiderata.



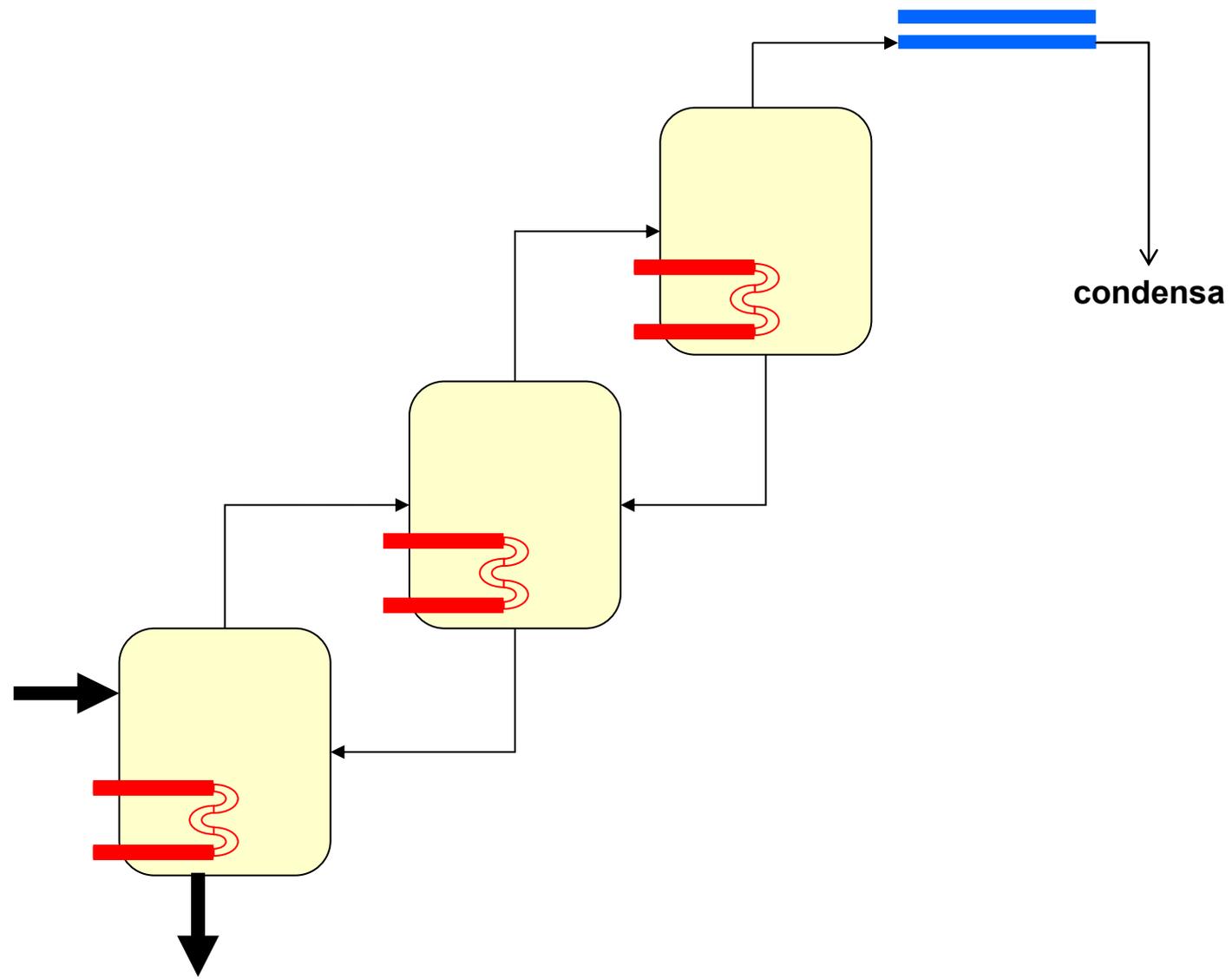
$P = \text{cost}$

$T_a$  – temperatura di ebollizione A

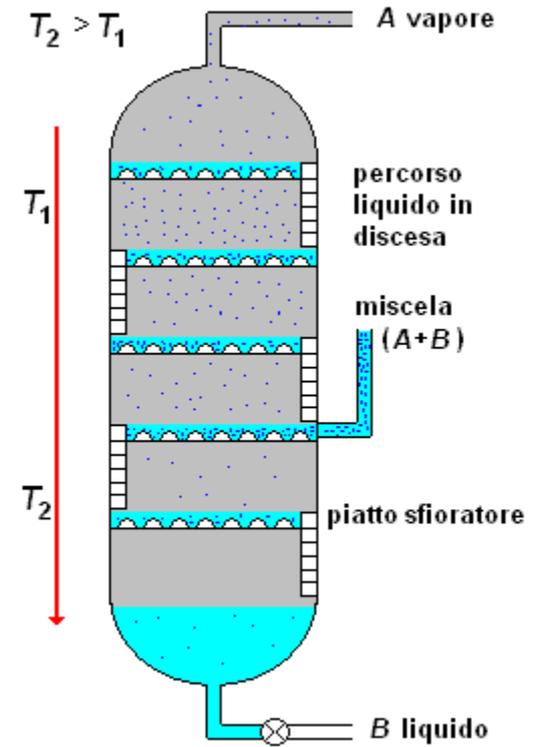
$T_b$  – temperatura di ebollizione B

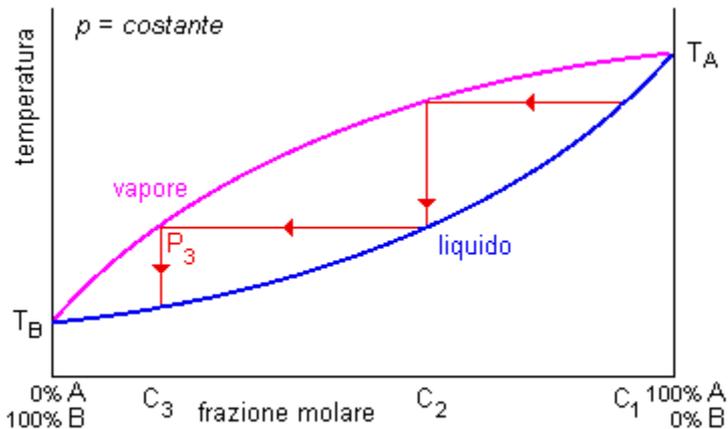
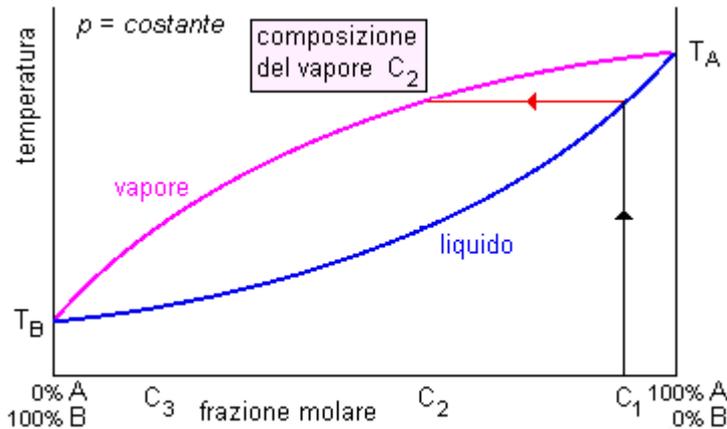
cc – curva condensazione

ce – curva evaporazione



- Il meccanismo è realizzato industrialmente nelle *colonne per la distillazione frazionata*, ottenute mediante la sovrapposizione diretta dei recipienti considerati in precedenza, in modo da eliminare le tubazioni di raccordo.
- Per aumentare l'interfaccia di scambio tra le fasi, e quindi la velocità di separazione dei componenti della miscela, la colonna di distillazione viene riempita con piatti forati equidistanti (e in questo caso si parla di **colonna a piatti**) oppure con blocchetti di materiale (anche chiamata **colonna a corpi di riempimento**) inerte alle sostanze trattate.
- A diverse altezze della colonna, condensano le diverse sostanze, in funzione del loro punto di ebollizione (o in altre parole della loro diversa volatilità).
- Maggiore è l'altezza della colonna ed il gradiente di temperatura che si instaura lungo la sua altezza, più efficiente è la separazione delle sostanze.





Supponiamo di portare ad ebollizione una miscela di composizione  $C_1$ . Il vapore liberato dal liquido in ebollizione sarà più ricco nel componente più volatile ed avrà la composizione  $C_2$ .

Questo vapore risale lungo la colonna di frazionamento la cui temperatura diminuisce con l'allontanarsi dal bollitore: appena il vapore raggiungerà la zona della colonna dove la temperatura si è ridotta al suo punto di condensazione, inizierà a gocciolare per riformare il liquido.

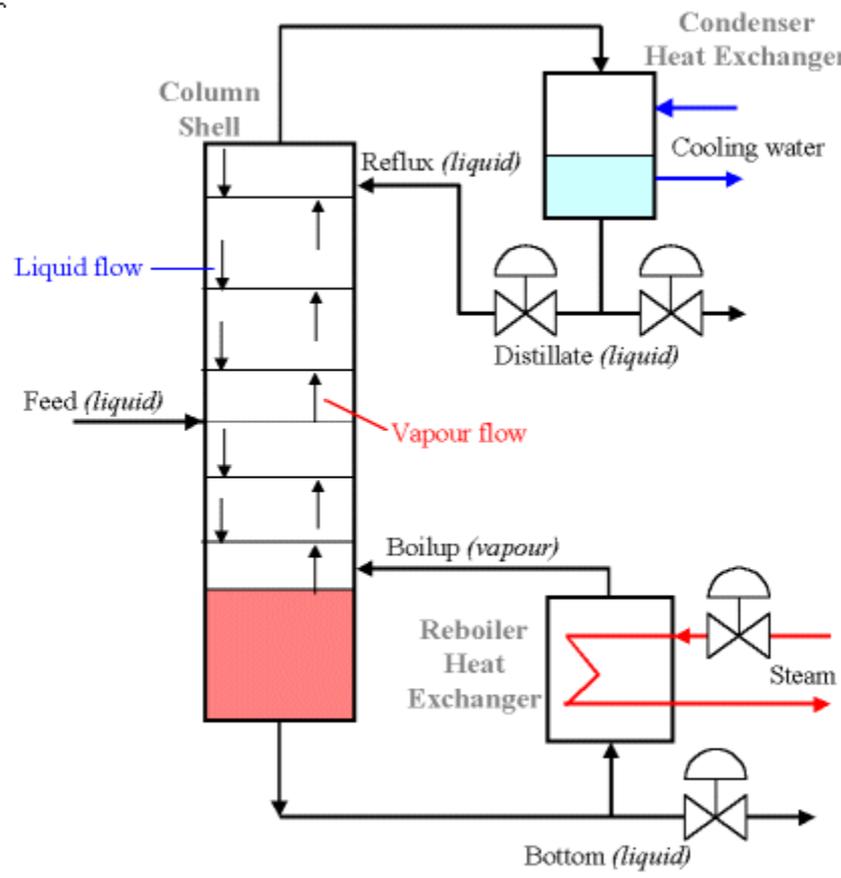
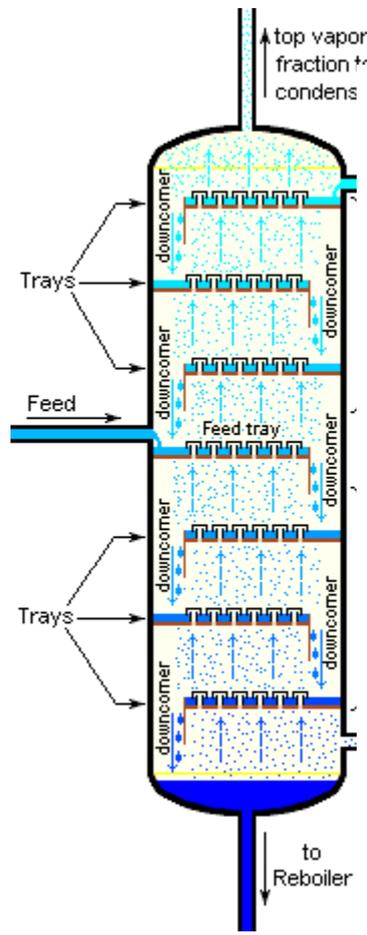
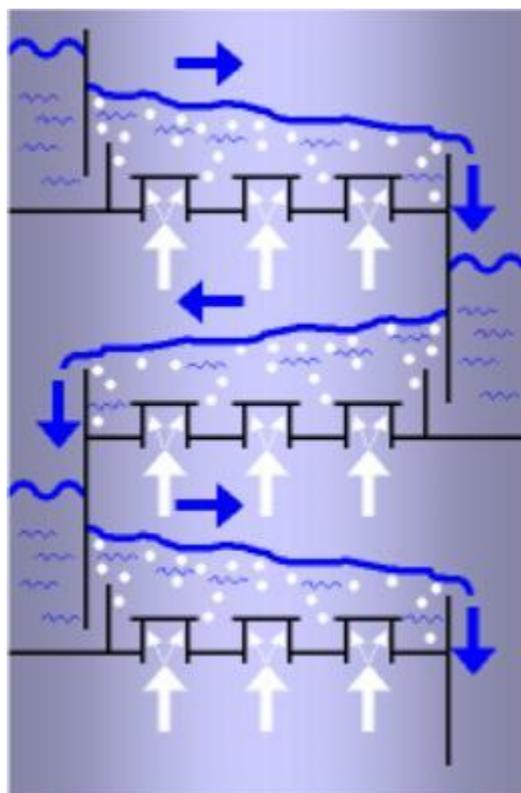
Questo liquido che gocciola, incontrando il vapore che risale lungo la colonna di frazionamento, si riscalderà e riprenderà quindi ad evaporare raggiungendo il punto  $P_3$  al quale corrisponde una composizione  $C_3$ .

Questo vapore inizia a risalire lungo la colonna fino a ripetere il processo precedente.

Ogni volta che il vapore condensa in un liquido, questo liquido gocciola giù per la colonna dove sarà riscaldato dal vapore caldo che sopraggiunge. Ogni volta che questo accade il nuovo vapore sarà più ricco del componente più volatile.

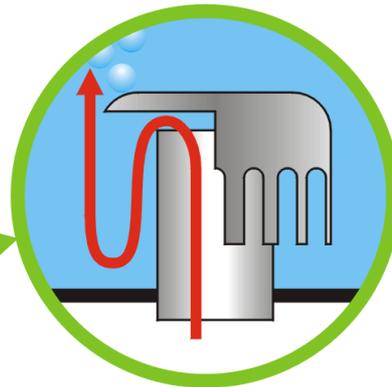
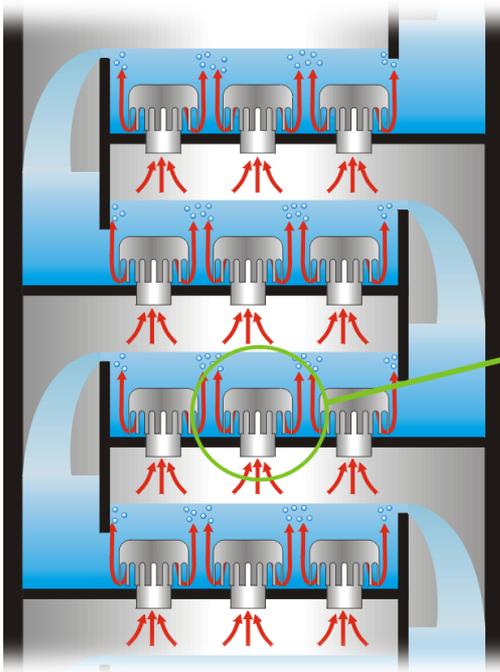
La finalità è equilibrare la temperatura della colonna in modo che al momento in cui il vapore raggiunge la parte superiore dopo un gran numero di processi di condensazione ed evaporazione, sia costituito soltanto dal componente più volatile - in questo caso, B.

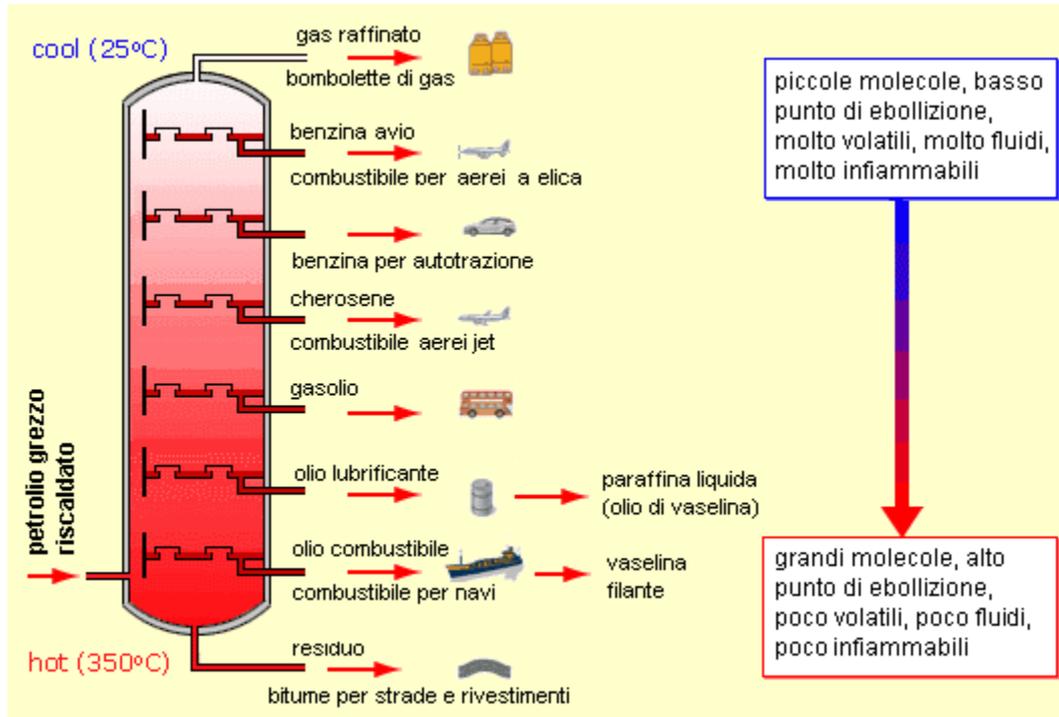
Se questo risultato è possibile o meno, dipende dalla differenza fra i punti di ebollizione dei due liquidi: quanto più sono vicini tra loro, tanto più deve essere lunga la colonna.



## Colonna a piatti

- I **piatti a campanelle** (bubble cap trays) sono dei piatti in cui sono poste delle campanelle costituite da un tubo sopra al quale vi è una coppa forata. Il liquido scende dallo stramazzo del piatto superiore e forma un battente che corrisponde all'altezza del tubo della campanella. I vapori in risalita attraversano i fori della "coppa" e sono costretti a gorgogliare nel liquido, condensando in parte, a seconda della temperatura a cui si trova il piatto. I piatti a campanelle presentano una grande flessibilità operativa, tuttavia non presentano elevate efficienze, specie se la volatilità relativa tra i componenti della miscela non è molto diversa





## ***Colonna a corpi di riempimento***

- Il contatto tra le fasi è di tipo continuo
- Il riempimento serve per dare una superficie sulla quale il liquido possa scorrere dall'alto verso il basso, mentre il gas risale con moto contrario
- Il riempimento può essere eseguito in due modi
  - In modo casuale → E' il più antico ed usato sino agli anni '70. Consiste nel riempire la colonna con elementi cilindrici cavi (anelli Raschig) o elementi a forma di sella (selle Berl) in modo appunto che i due fluidi aderiscano sotto forma di film su tali elementi. La principale limitazione del riempimento casuale è determinata dalla possibilità che si formino dei cammini preferenziali, ovvero zone in cui il riempimento è meno compatto. In tal caso i fluidi tenderebbero a percorrere la colonna senza distribuirsi uniformemente sul riempimento, con perdite di prestazioni. Altre limitazioni sono dovute alle perdite di carico elevate ed alla possibilità che la colonna si ingolfi facilmente, specie se vengono introdotti fluidi ad alta viscosità



## Distillation Column – Packing Materials



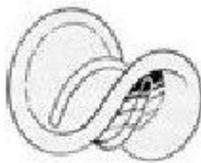
Raschig Rings



Intalox Saddle



Pall Rings



Berl Saddle



Cyclohelix Spiral Ring



Lessing Ring



Cross-Partition Ring



## ***Colonna a corpi di riempimento***

■ Per pacchi strutturati → Il più utilizzato attualmente. Il pacco strutturato consiste in un sistema di lamelle ondulate applicate a due griglie di sostegno. La colonna riempita con i pacchi strutturati presenta non solo minori perdite di carico, ma anche una minore altezza, dato che questo tipo di riempimento fa sì che ogni pacco presenti una minore altezza equivalente del piatto teorico (HETP) che non nel riempimento casuale. Tutto ciò si traduce in una migliore efficienza della colonna e in un minore costo di manutenzione

