

EXTRACTIA LICHID - LICHID

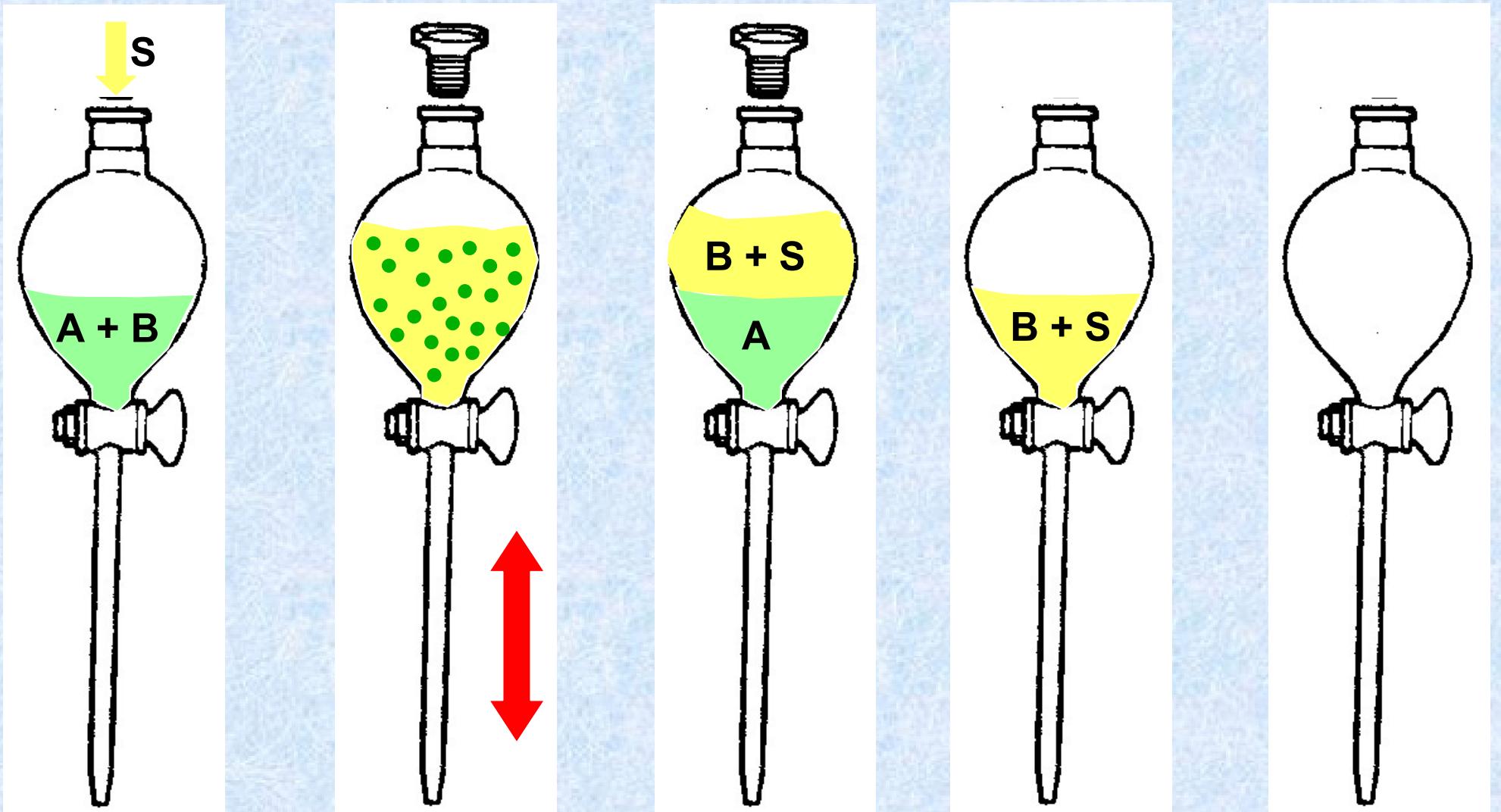
CONCEPTE DE BAZA

- Extractia L - L, operatie unitara frecvent utilizata in industria farmaceutica pentru:
 - recuperarea si purificarea unui anumit component din solutia in care a fost preparat;
 - indepartarea unor impuritati din solutia care contine componentul valoros;
- EX: recuperarea penicilinelui din lichidul de cultura prin extractie cu solventi ca: acetat de butil, acetat de amil, metil-izobutil-cetona (MIBC).



CONCEPTE DE BAZA

- Alte separari:
 - Izolarea eritromicinei cu acetat de amil;
 - Recuperarea steroizilor;
 - Purificarea vitaminei B_{12} din surse microbiene;
 - Izolarea unor alcaloizi (morfina, codeina) din materiile prime naturale.
- Cel mai simplu echipament utilizat în laborator: palnia de separare

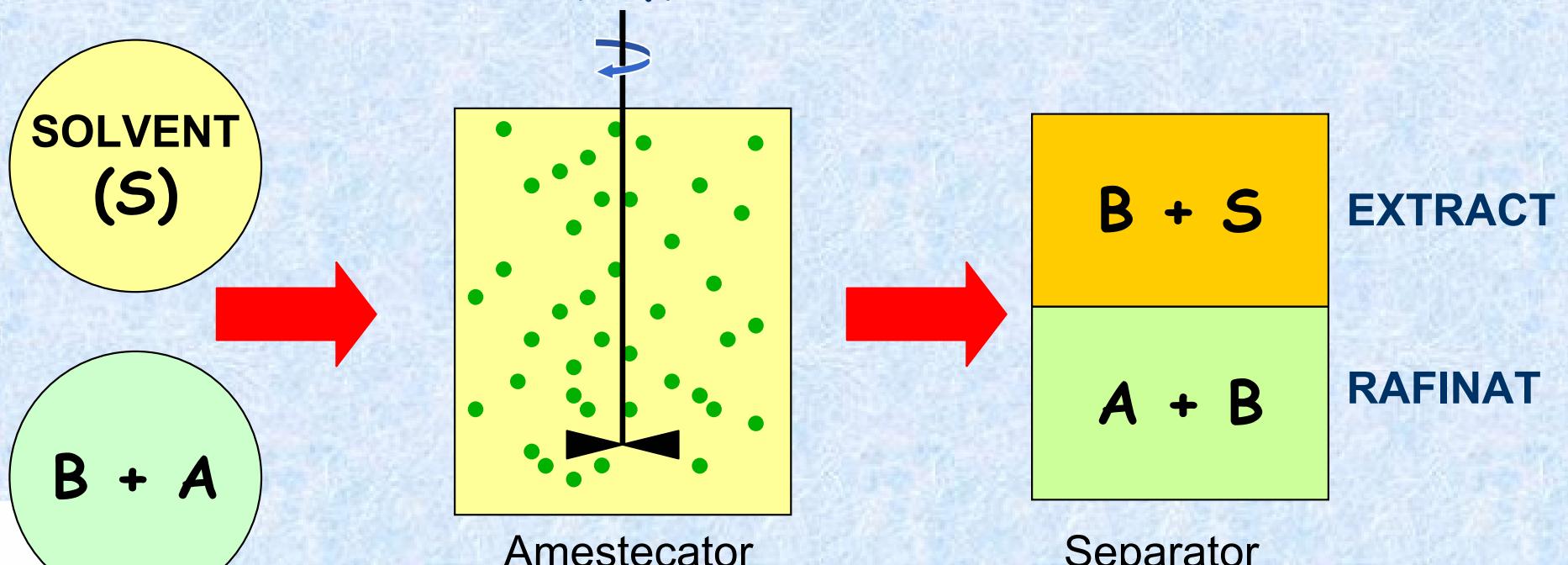


CONCEPTE DE BAZA

- Se considera o solutie initiala formata din A si B;
- Comp. B (solut) se separa de comp. A cu ajutorul solventului (dizolvantului) S.
- Pt. ca extractia sa fie realizabila:
 - S este nemiscibil sau partial miscibil cu A;
 - B este solubil in S;
 - este recomandat ca, la echilibru: $X_{B[]S} > X_{B[]A}$;

CONCEPTE DE BAZA

- Dupa amestecare/sedimentare \rightarrow 2 straturi:
 - **RAFINAT** - majoritar A + urme de B si S
 - **EXTRACT** - majoritar S + B dizolvat + + urme de A



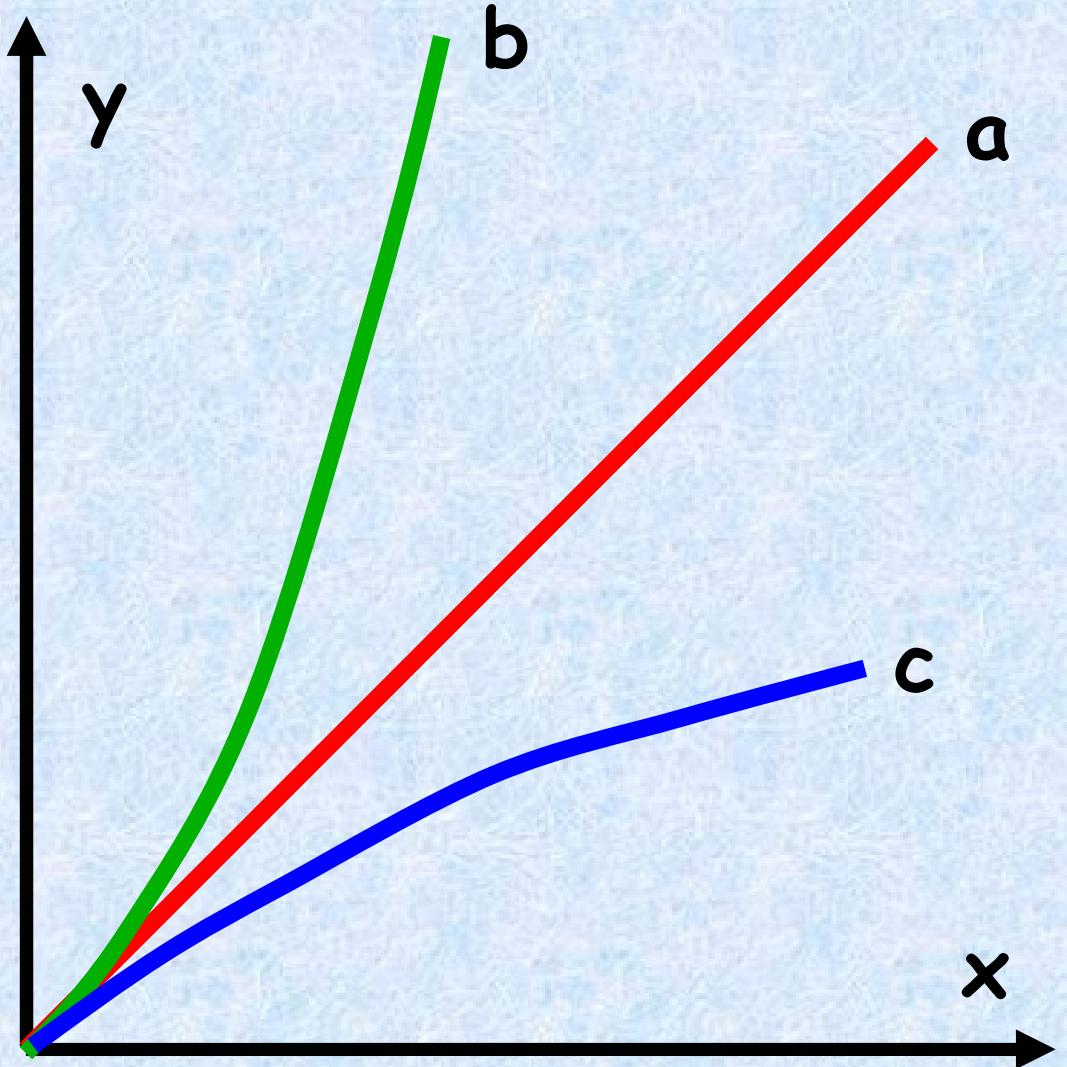
CONCEPTE DE BAZA

- Solutul B, solubil atat in A cat si in S se repartizeaza intre cei 2 solventi dupa un **coeficient de distributie** (de partitie, de repartitie):

$$k_N = \frac{Y_A}{X_A} = \frac{\text{conc. lui A in faza EXTRACT}}{\text{conc. lui A in faza RAFINAT}}$$

CONCEPTE DE BAZA

- Relatia de echilibru intr-un sistem cu solventi nemiscibili
 - a - sisteme ideale
 $y = kx;$
 - b, c - sisteme reale $y = kx^n;$



CONCEPTE DE BAZA

- Repartizarea solutului B in extract si rafinat corespunde coef. de distributie numai daca amestecarea a atins echilibrul fazelor;

$$\text{Eficienta extractiei} = \frac{\text{Repartizarea efectiva (reală)}}{\text{Repartizarea de echilibru (teoretică)}}$$

CONCEPTE DE BAZA

- Unitatea de extractie (amestecator + separator) care are eficienta 1 (100 %) = **unitate ideală (teoretică) de extractie**
- O instalatie de extractie = una sau mai multe unitati de extractie
- O coloana de extractie (in care unitatile de extractie nu sunt distincte) este echivalenta ca eficienta cu un nr. de unitati teoretice de extractie

CONCEPTE DE BAZA

- Fata de RECTIFICARE, EXTRACTIA prezinta avantaje dpdv economic daca:
 - Comp. volatil este in conc. mare;
 - La rectificare trebuie sa se lucreze cu reflux mare;
 - Comp. volatil este apa (ΔH_{vap} mare);
 - Volatilitatea relativă a comp. este apropiata de unitate;
 - Temp. la care s-ar face rectificarea este mare;
 - Substantele de separat sunt termolabile.

SOLVENTI DE EXTRACTIE

- Alegerea solventilor pentru extractie:
 - Selectivitate
 - Densitate
 - Tensiune interfaciala
 - Viscozitate
 - Solubilitate reciproca cu materia prima
 - Presiune de vapori
 - Toxicitate
 - Inflamabilitate
 - Corozivitate
 - Costul
 - Posibilitatea de a putea fi recuperat

SOLVENTI DE EXTRACTIE

- **Selectivitatea**

- Capacitatea solventului de a extrage preferential un anumit component;
- Se exprima functie de raportul conc. sau al coef. de repartitie Nernst:
- $\beta > 1$ solvent selectiv pt. A
- $\beta < 1$ solvent selectiv pt. B
- $\beta = 1$ solvent neselectiv, extractie imposibila

$$\beta = \frac{\frac{Y_A}{Y_B}}{\frac{X_A}{X_B}} = \frac{k_{NA}}{k_{NB}}$$

SOLVENTI DE EXTRACTIE

- Selectivitatea este influentata de:
 - Temperatura;
 - Conc. solutului;
 - Structura chimica a componentelor.
- Densitatea (ρ)
 - O dif. cat mare de densitate intre faze:
 - Imbunatatesta dispersia;
 - Mareste viteza de deplasare a picaturilor
 - → conduce la marirea capacitatii utilajelor

SOLVENTI DE EXTRACTIE

- **Tensiunea interfaciala (σ)**
 - Cat mai mare, pt. usurarea separarii fazelor
 - O tens. prea mare ingreuneaza dispersia unei faze in cealalta.
- **Viscozitatea (ν)**
 - Cat mai mica:
 - consum minim de energie la transport
 - transfer intens de caldura si de masa

SOLVENTI DE EXTRACTIE

- Solubilitatea reciproca cu materia prima
 - Cat mai redusa
 - Este preferabil ca in sistemul ternar A-B-S, A si S sa fie total nemiscibili
 - Cu cat solubilitatea reciproca este mai scazuta, cu atat extractul obtinut (dupa indepartarea solventului S) va fi mai bogat in B

SOLVENTI DE EXTRACTIE

- Presiunea de vapori
 - Nu prea mare → depozitare si utilizare la presiunea atmosferica;
 - O pres. de vapori scazuta → separarea usoara prin distilare a solventului din extract si din rafinat;
- Toxicitatea,
- Inflamabilitatea,
- Corozivitatea,
- Costul:
 - Cat mai mici

SOLVENTI DE EXTRACTIE

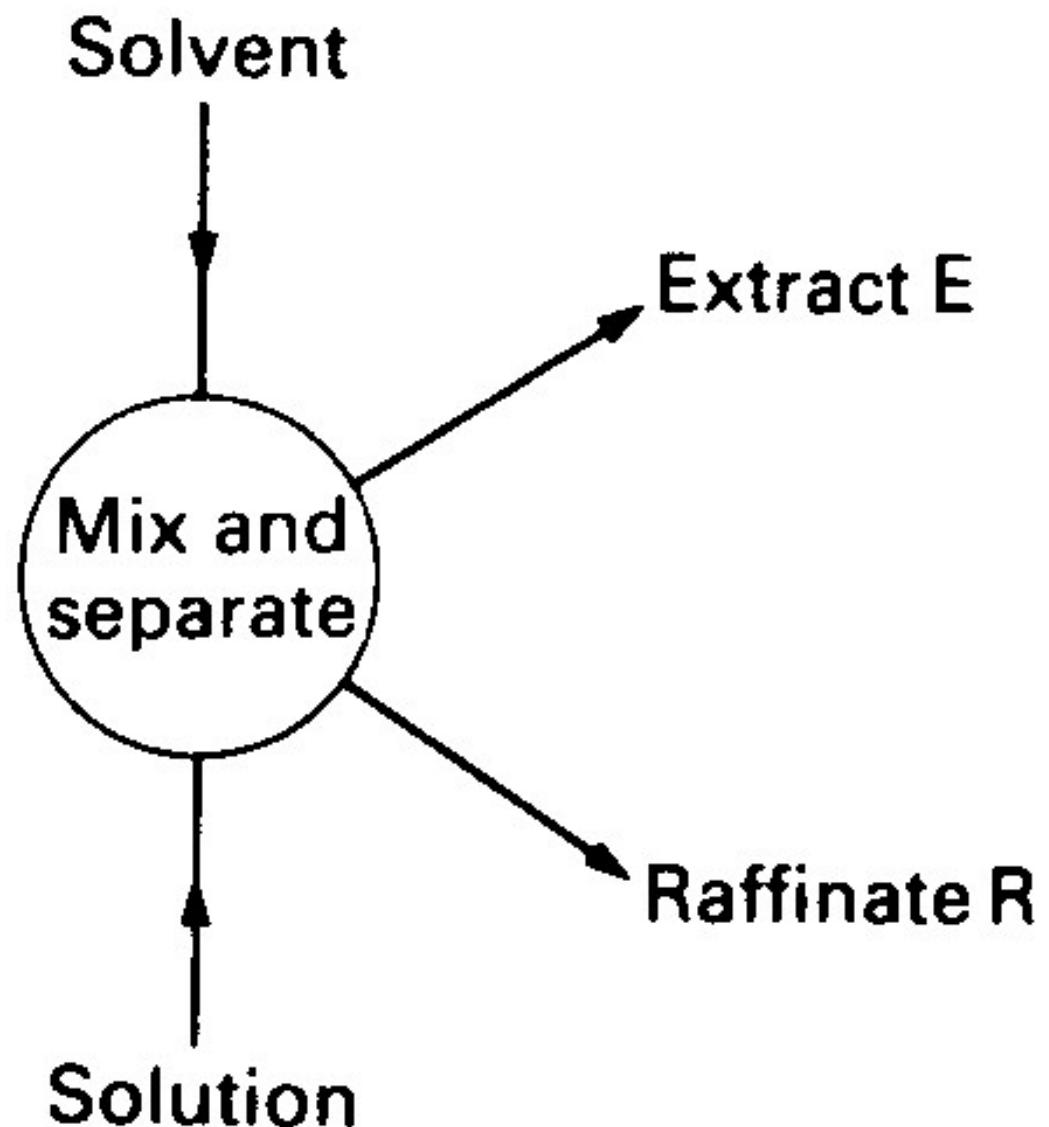
- Posibilitatea de recuperare
 - In maj. cazurilor, solventul se recupereaza prin distilare fractionata →
 - Trebuie evitate sist. care formeaza azeotropi
 - Proprietatile termice ale solventului - valori cat mai mici, a.i. consumul de energie termica si costul recuperarii sa fie cat mai reduse.

PROCESUL DE EXTRACTIE

- Principal, in extractie apar trei etape:
 - 1 Amestecarea solutiei in care se afla componentul de extras (B) cu solventul (S);
 - 2 Separarea fazelor rezultate;
 - 3 Indepartarea si recuperarea solventului din cele doua faze.
- Etapele (1) si (2) pot fi combinat in un singur utilaj (coloana de extractie) operat continuu [contactare diferentiala a fazelor]

PROCESUL DE EXTRACTIE

- Extractia discontinua:



PROCESUL DE EXTRACTIE

- Extractie continua in 2 trepte:

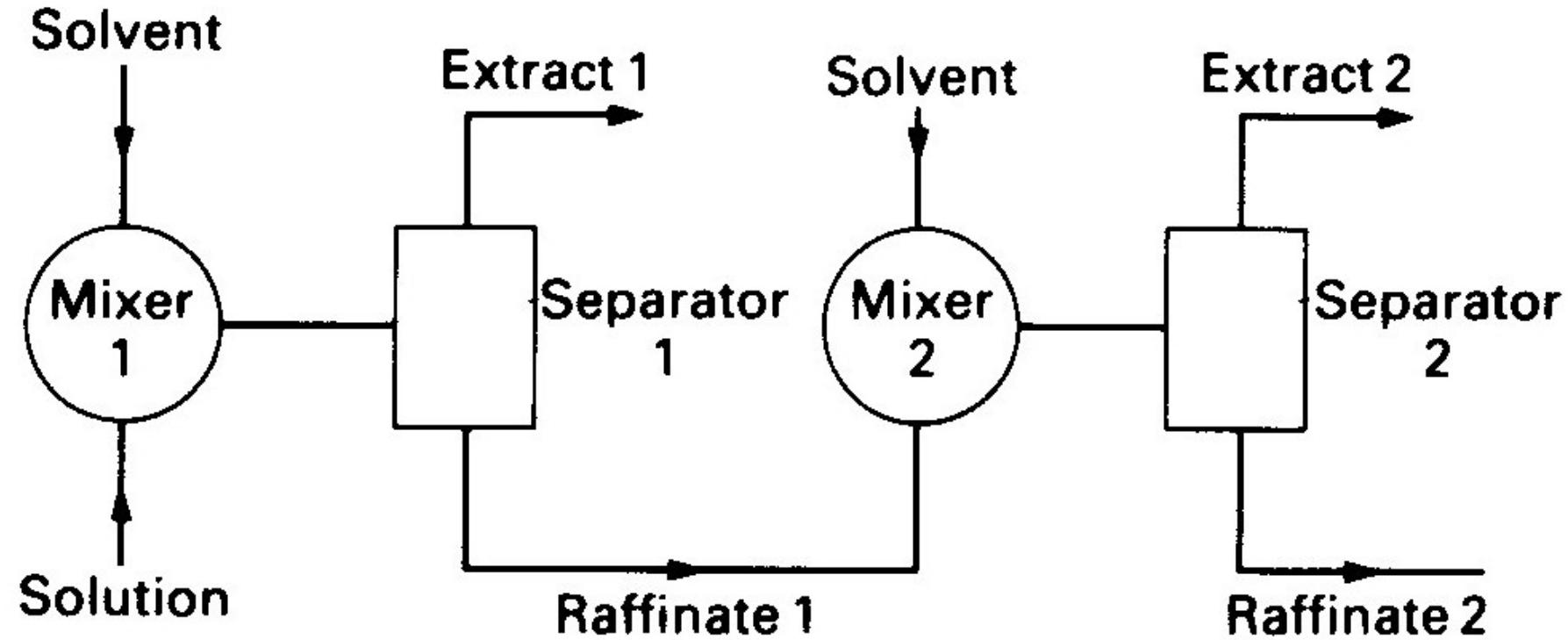


FIG. 13.2. Multiple contact system with fresh solvent

PROCESUL DE EXTRACTIE

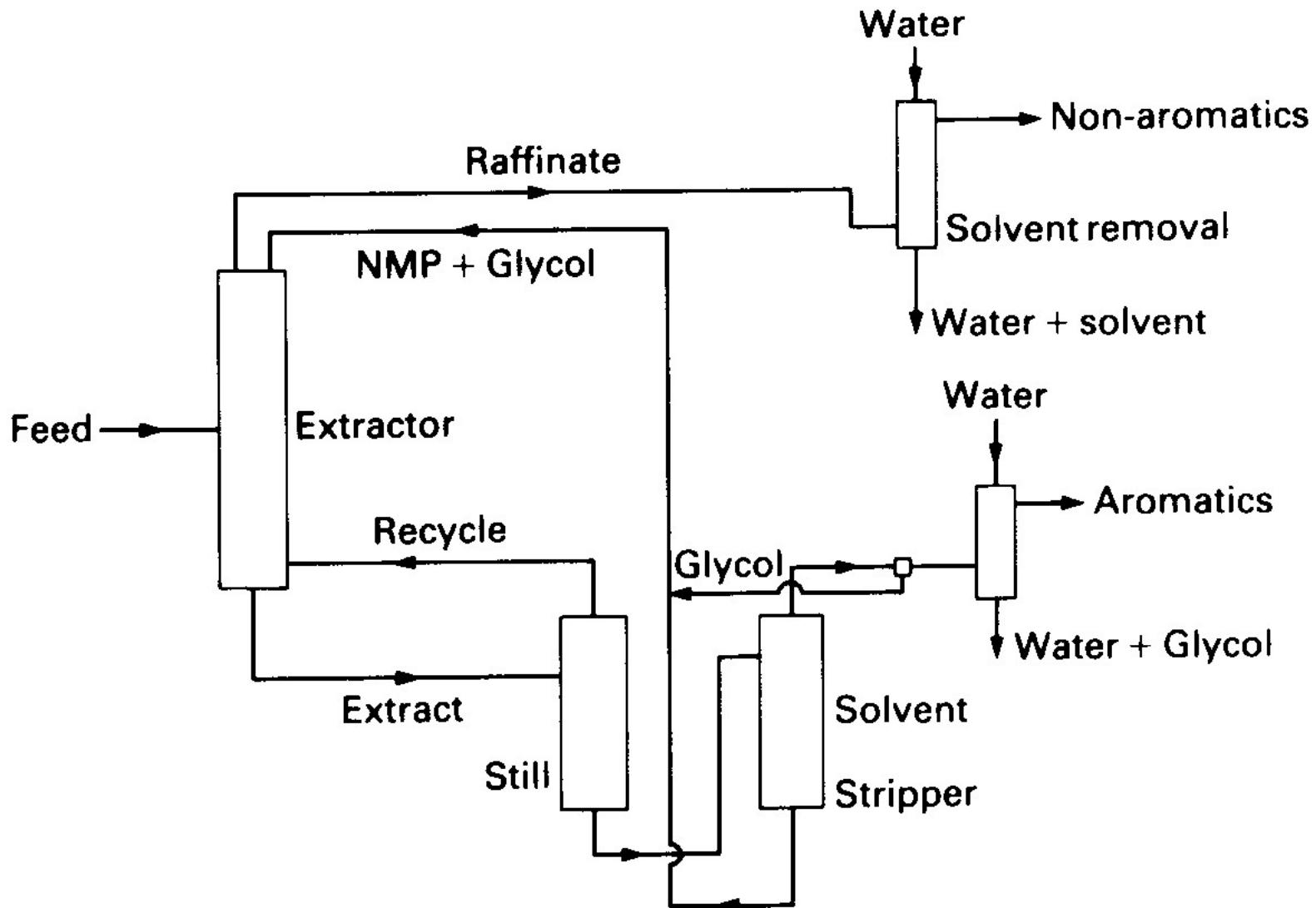


FIG. 13.3. Process for benzene, toluene, xylene recovery

PROCESUL DE EXTRACTIE

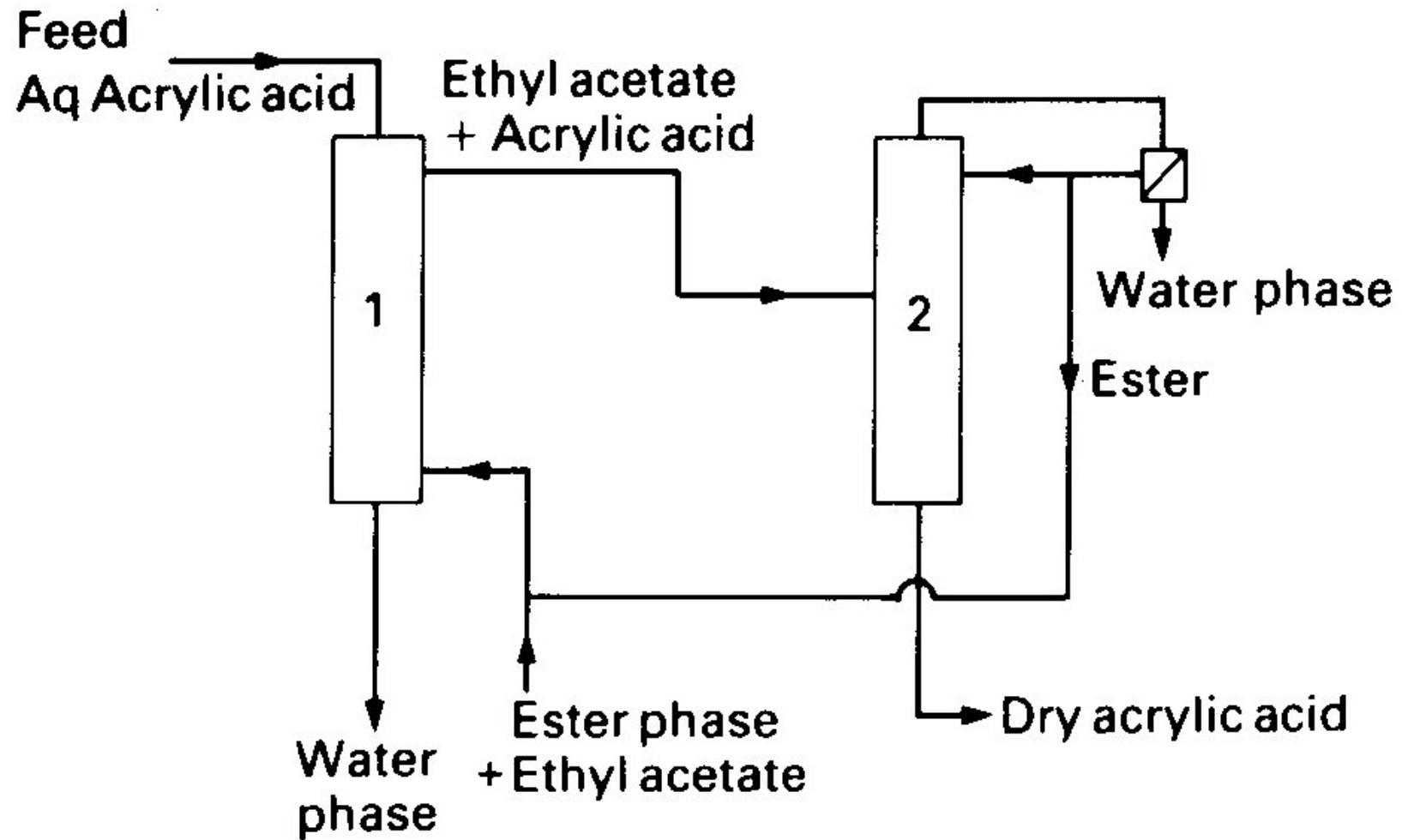


FIG. 13.4. Concentration of acrylic acid by extraction with ethyl acetate⁽²⁾

Transferul de masa in extractia L - L

- Cant. de solut transferata este prop. cu:
 - Suprafata de transfer
 - Potentialul procesului: dif. de conc. intre conc. actuala (reală) si cea de echilibru.
- La baza procesului de transfer stau 2 procese elementare:
 - Difuzia solutului in sol. initiala pana la interfata;
 - Difuzia solutului de la interfata in masa dizolvantului

Transferul de masa in extractia L - L

$$\begin{aligned}N_B &= k_R \cdot A \cdot (x_B - x_{B,i}) = \\&= k_E \cdot A \cdot (y_{B,i} - y_B) = \\&= K_R \cdot A \cdot (x_B - x_B^*) = \\&= K_E \cdot A \cdot (y_B^* - y_B)\end{aligned}$$

Cant. de solut B
transferata:

- k_R, k_E - coef. individual de transfer de masa in rafinat (extract);
- K_R, K_E - coef. globali de transfer raportati la rafinat (extract)
- $x_{B,i}, y_{B,i}$ - conc. la interfata
- x_B^*, y_B^* - conc. la echil. a solutului intr-o faza, coresp. conc. din cealalta faza, cf. legii Nernst

Transferul de masa in extractia L - L

- Intre coef. globali si cei individuali de transfer de masa exista dependenta:

$$K_R = \frac{\frac{1}{1 + \frac{1}{k_R + \frac{1}{k_{NB} \cdot k_E}}}}{1 + \frac{1}{k_E \cdot k_R}} ; \quad K_E = \frac{1}{\frac{1}{1 + \frac{1}{k_E}} + \frac{k_{NB}}{k_R}}$$

Transferul de masa in extractia L - L

- Rezistentele la transfer depind de solubilitatea solutului B in cele 2 faze (de coef. de repartitie):
- Cand k_{NB} este f. mare, solutul este foarte solubil in extract \rightarrow rezistenta procesului este localizata in faza rafinat $\rightarrow K_R = k_R$.
- Cand k_{NB} este foarte mic \rightarrow rezistenta procesului este localizata in faza extract $\rightarrow K_E = k_E$.



Transferul de masa in extractia L - L

- Coeficientii individuali de transfer de masa k_R , k_E , se calculeaza din ecuatii criteriale (FDT vol. II, cap. 5)
- Dimensionarea utilajelor implica determinarea:
 - fie a:
 - inaltimei unitatii de transfer (IUT)
 - numarului unitatilor de transfer (NUT)
 - fie a:
 - numarului treptelor teoretice de contact (N_T)
 - inaltimei echivalente a unei trepte teoretice (IETT)

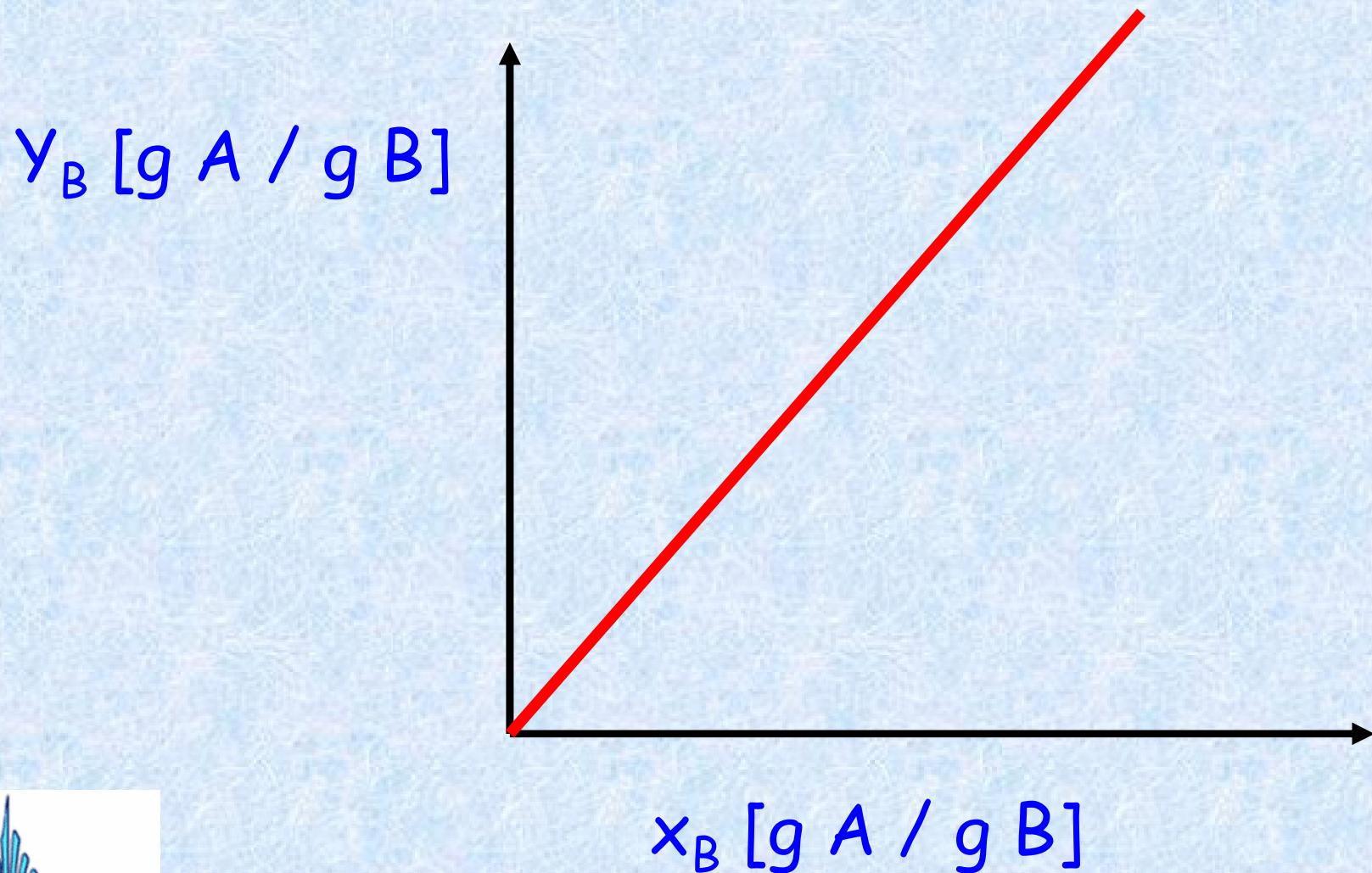
Transferul de masa in extractia L - L

- Aceste marimi (N_{UT} , I_{UT} , N_T) pot fi calculate:
- analitic
 - cand in sist. ternar A, B, S componentii A si S sunt total nemiscibili, iar legea Nernst (a distributiei ideale) este valabila
- grafic
 - cand cel putin una din cond. anterioare nu este indeplinita.

Date de echilibru

- Daca intr-o solutie binara de solut B in solvent A se adauga un alt solvent S se pot forma urmatoarele amestecuri:
 - a) O solutie omogena; Solventul S nu este potrivit pt. extractie;
 - b) Solventul S este complet nemiscibil cu solventul A;
 - c) Solventul S este partial miscibil cu solventul A → o pereche de lichide partial miscibile;
 - d) Noul solvent poate duce la formarea a 2 sau 3 faze lichide partial miscibile.
- Posibilitatile b, c, d, in special b si c sunt cele mai indicate pt. extractie

b) Solventul S complet nemiscibil cu A

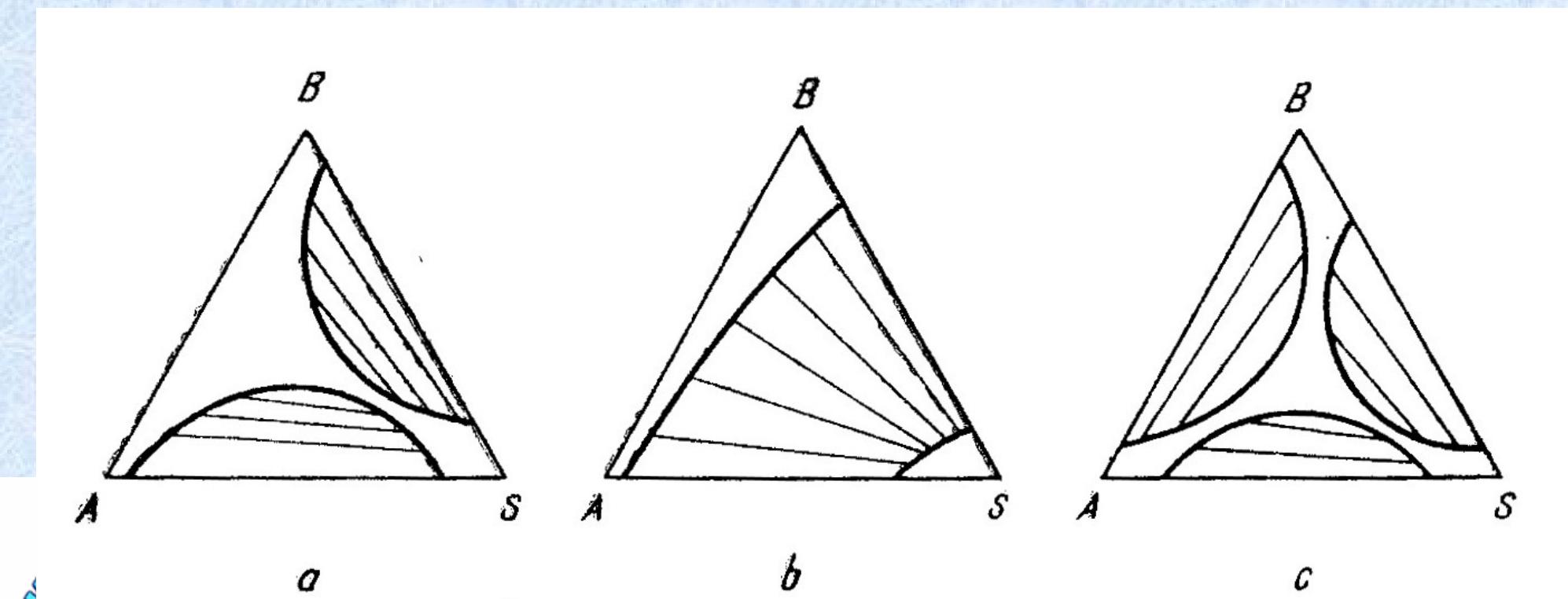


c) Solventul B partial miscibil cu A

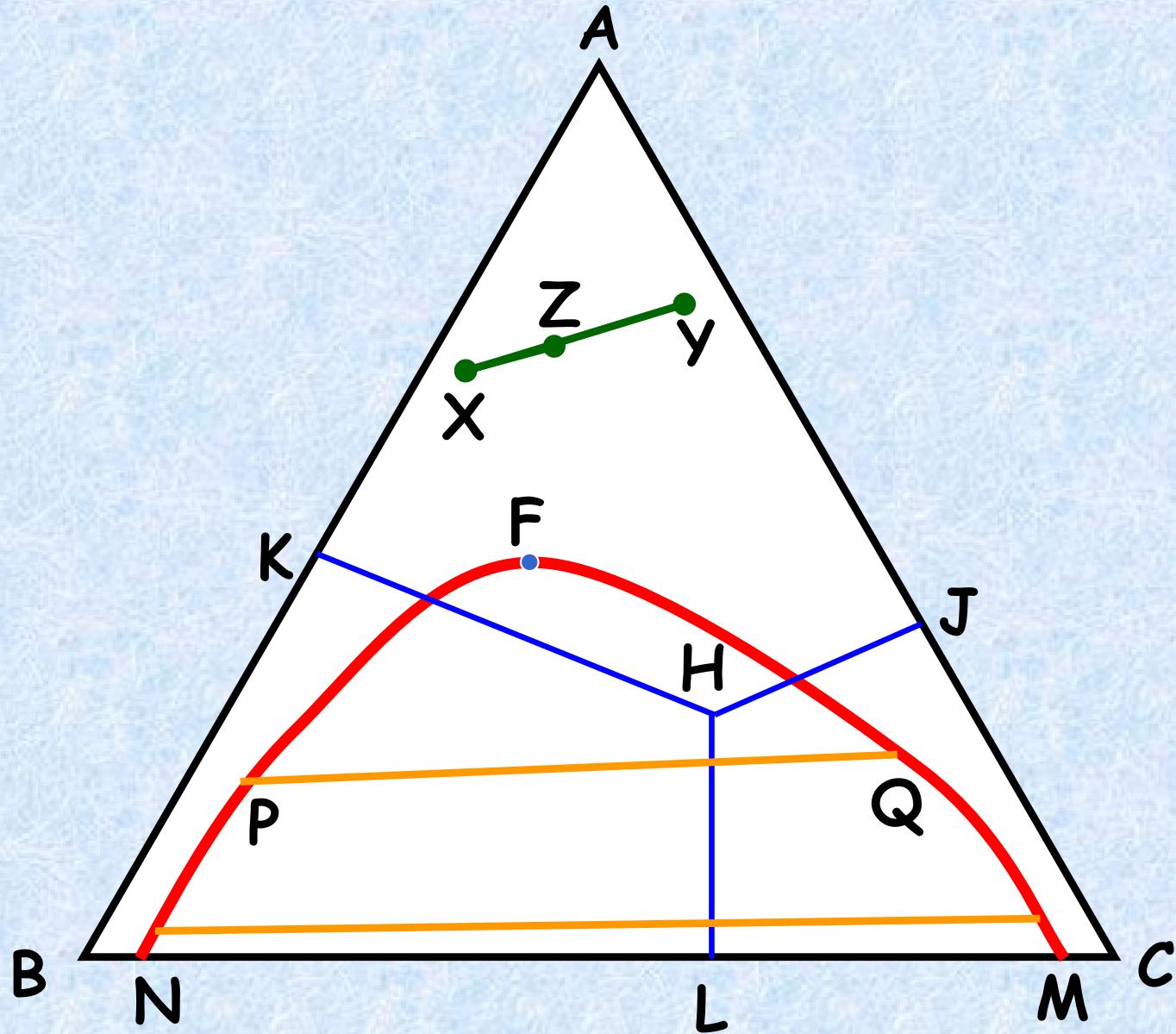
- Solutul A (acetona) este complet miscibil cu cei 2 solventi: B (apa) și C (metil-izobutil-cetona - MIC);
- Cei 2 solventi sunt partial miscibili între ei
- Datele de echilibru se reprezintă într-o diagramă triunghiulară:
 - triunghi echilateral
 - triunghi dreptunghic

Sisteme ternare

- Sistem 3/1: 3 comp., 1 zona bifazica
- Sistem 3/2: 3 comp.:
 - 2 zone bifazice distincte **(a)**
 - 1 banda de eterogeneitate **(b)**
- Sisteme 3/3: 3 comp., 3 zone bifazice **(c)**



Sistemul Acetona (A) – Apa (B) – MIC (C)



Sistemul Acetona (A) – Apa (B) – MIC (C)

- H - un amestec de A, B si C in raport egal cu cel al perpendicularelor HJ , HK , HL .
- BN - solubilitatea lui C in B
- MC - solubilitatea lui C in B
- Aria de sub curba $NPFQM$ (curba de solubilitate binodala) = regiune a domeniului bifazic, care se desparte in 2 faze distincte, aflate in echilibru

Sistemul Acetona (A) – Apa (B) – MIC (C)

- Compozitia acestor faze este data de punctele P si Q ;
- Dreapta PQ = "linie de legatura" = 'conoda'
- Conodele leaga compozitia fazelor in echilibru, panta lor determinandu-se experimental.
- Pct. F de pe curba = pct. "critic" (comp. fazelor sist. eterogen sunt identice)
- Pozitia pct. F se det. exp.

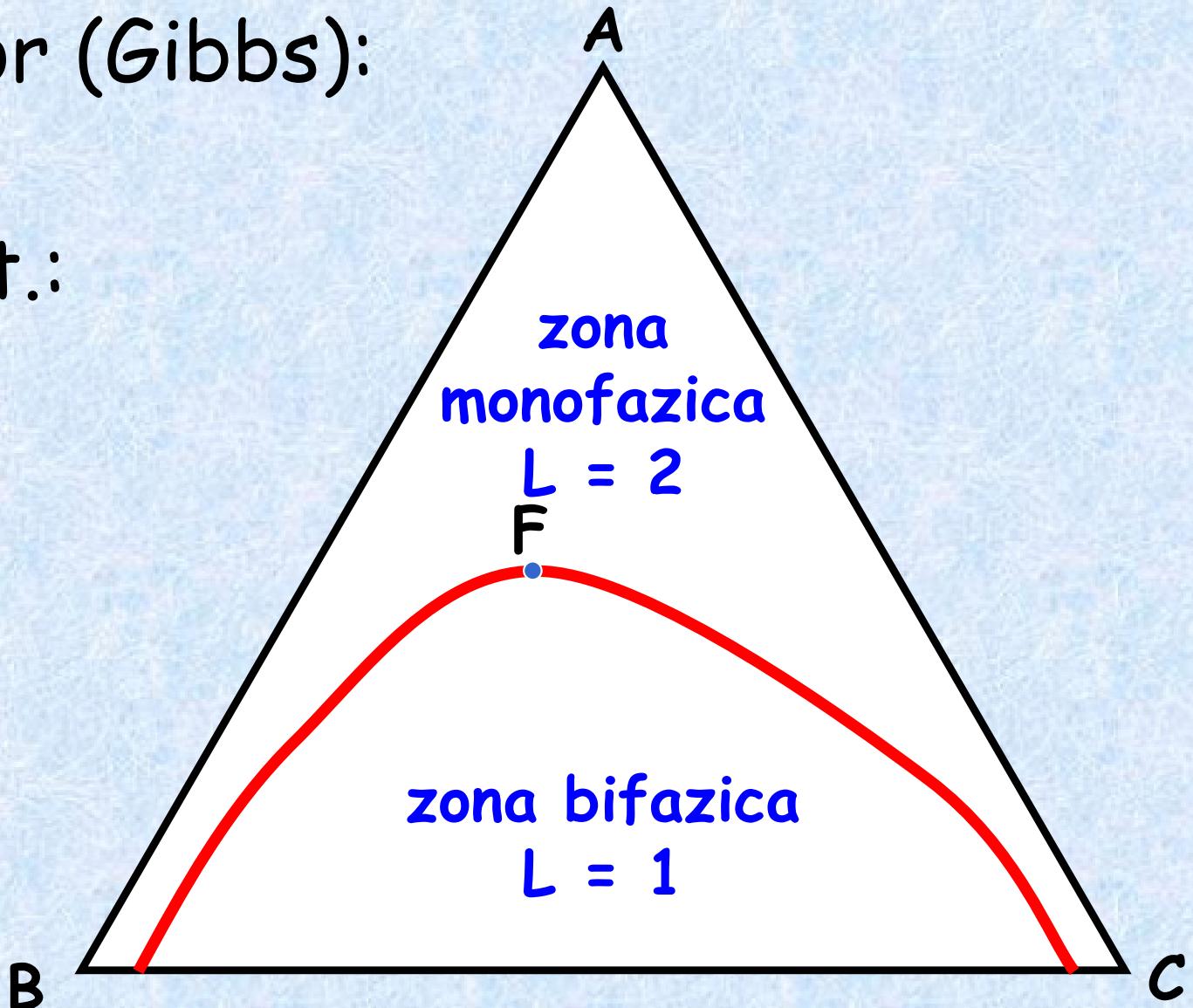
Sistemul Acetona (A) – Apa (B) – MIC (C)

- Legea fazelor (Gibbs):

$$F + L = C + 2$$

- La P si T = ct.:

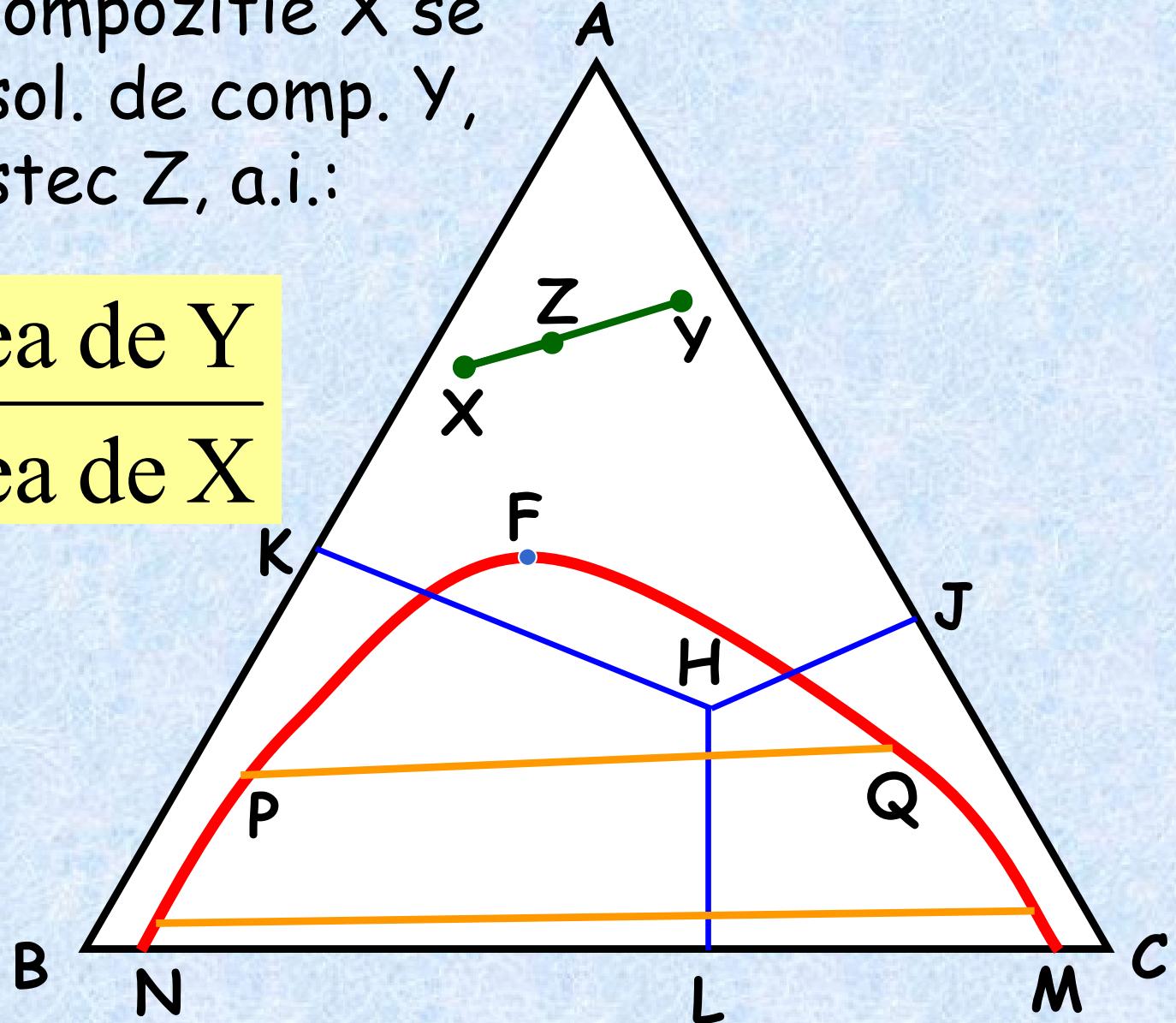
$$L = 3 - F$$



Sistemul Acetona (A) – Apa (B) – MIC (C)

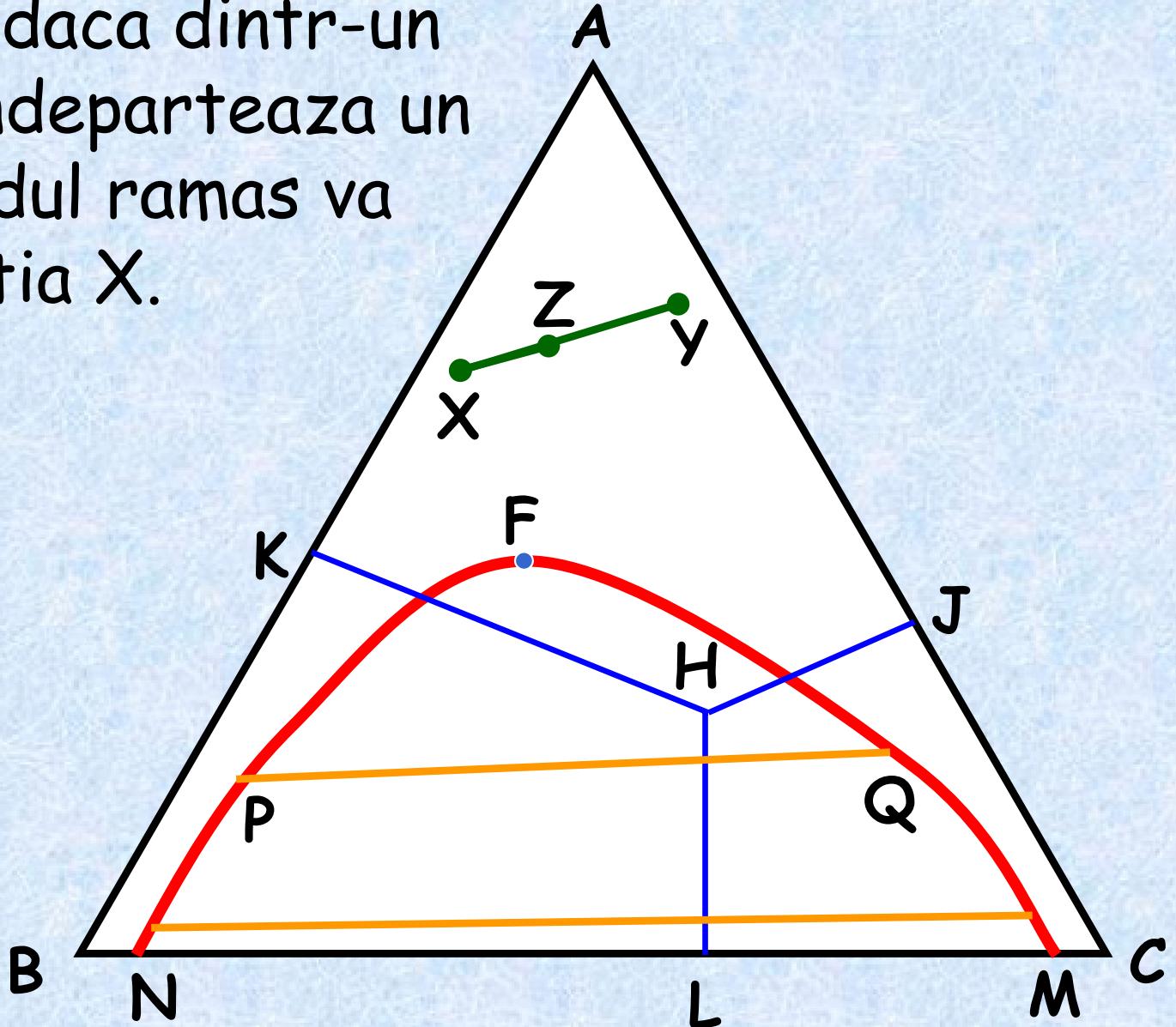
- Daca o sol. de componetă X se amesteca cu o sol. de comp. Y, rezulta un amestec Z, a.i.:

$$\frac{XZ}{ZY} = \frac{\text{cantitatea de Y}}{\text{cantitatea de X}}$$



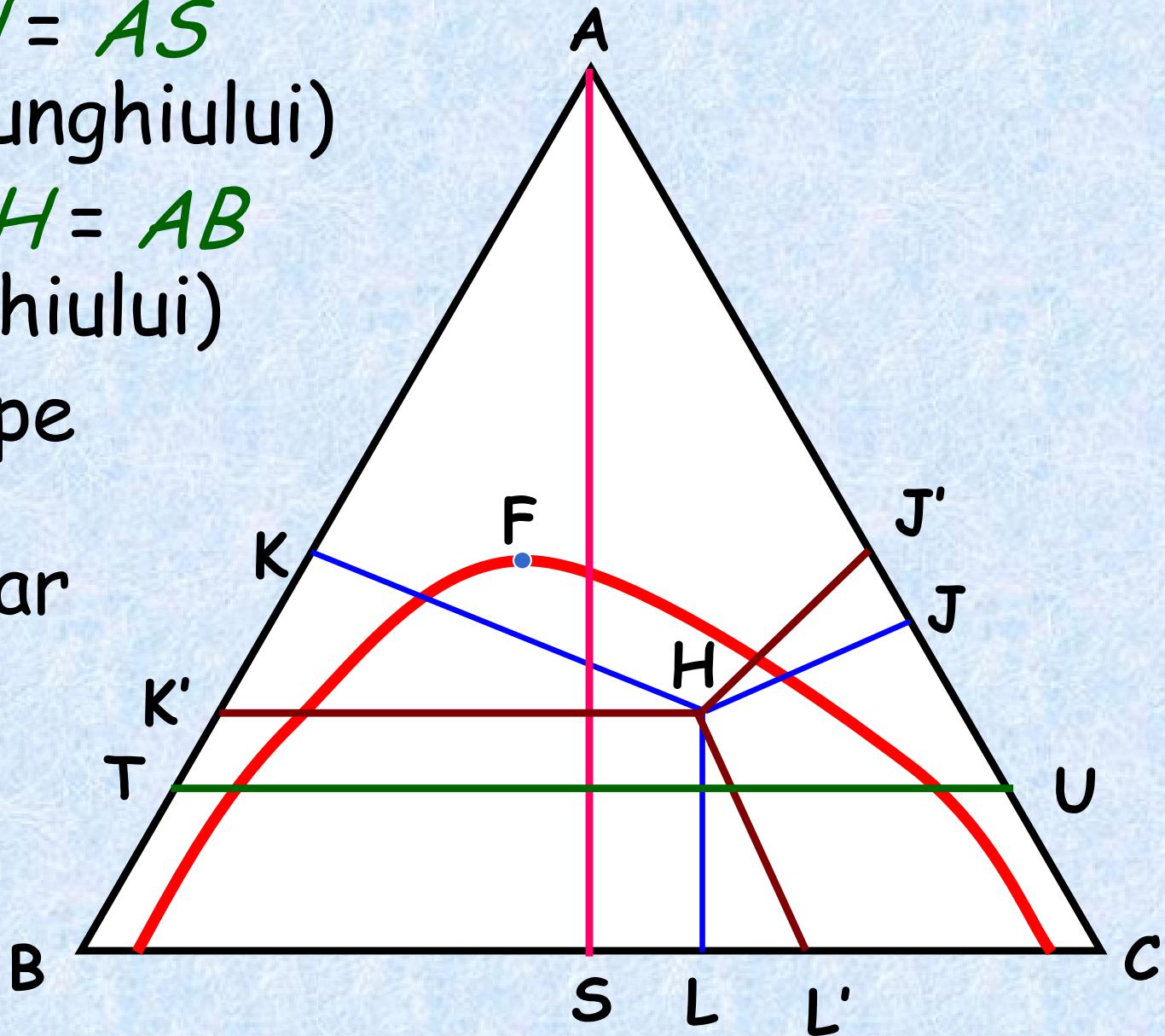
Sistemul Acetona (A) – Apa (B) – MIC (C)

- In mod similar, daca dintr-un amestec Z se indeparteaza un extract Y, lichidul ramas va avea concentratia X.



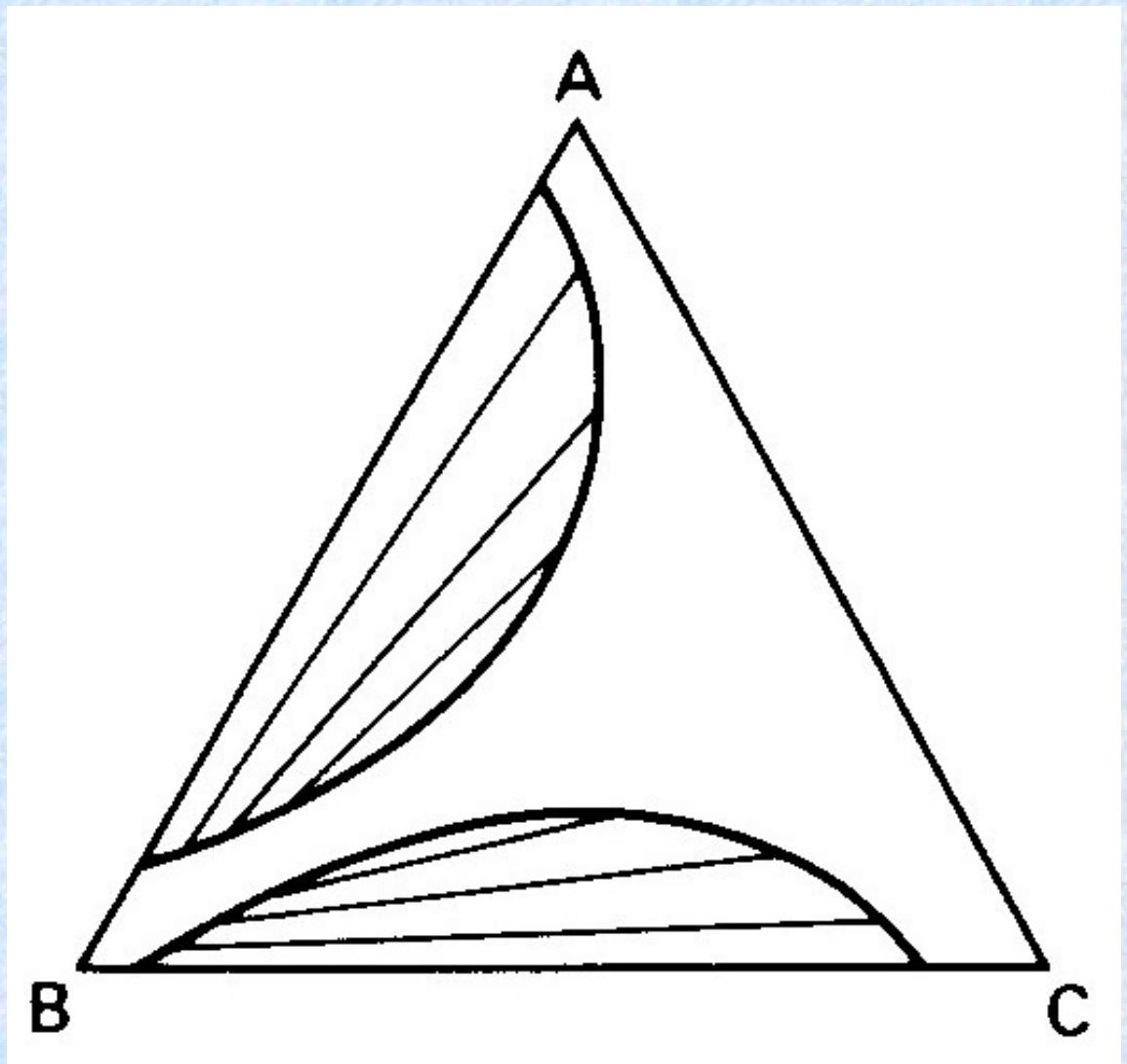
Sistemul Acetona (A) – Apa (B) – MIC (C)

- $KH + JH + LH = AS$
(inaltimea triunghiului)
- $K'H + J'H + L'H = AB$
(latura triunghiului)
- orice pct. de pe dreapta $TU =$ amestec ternar in care continutul de A este constant

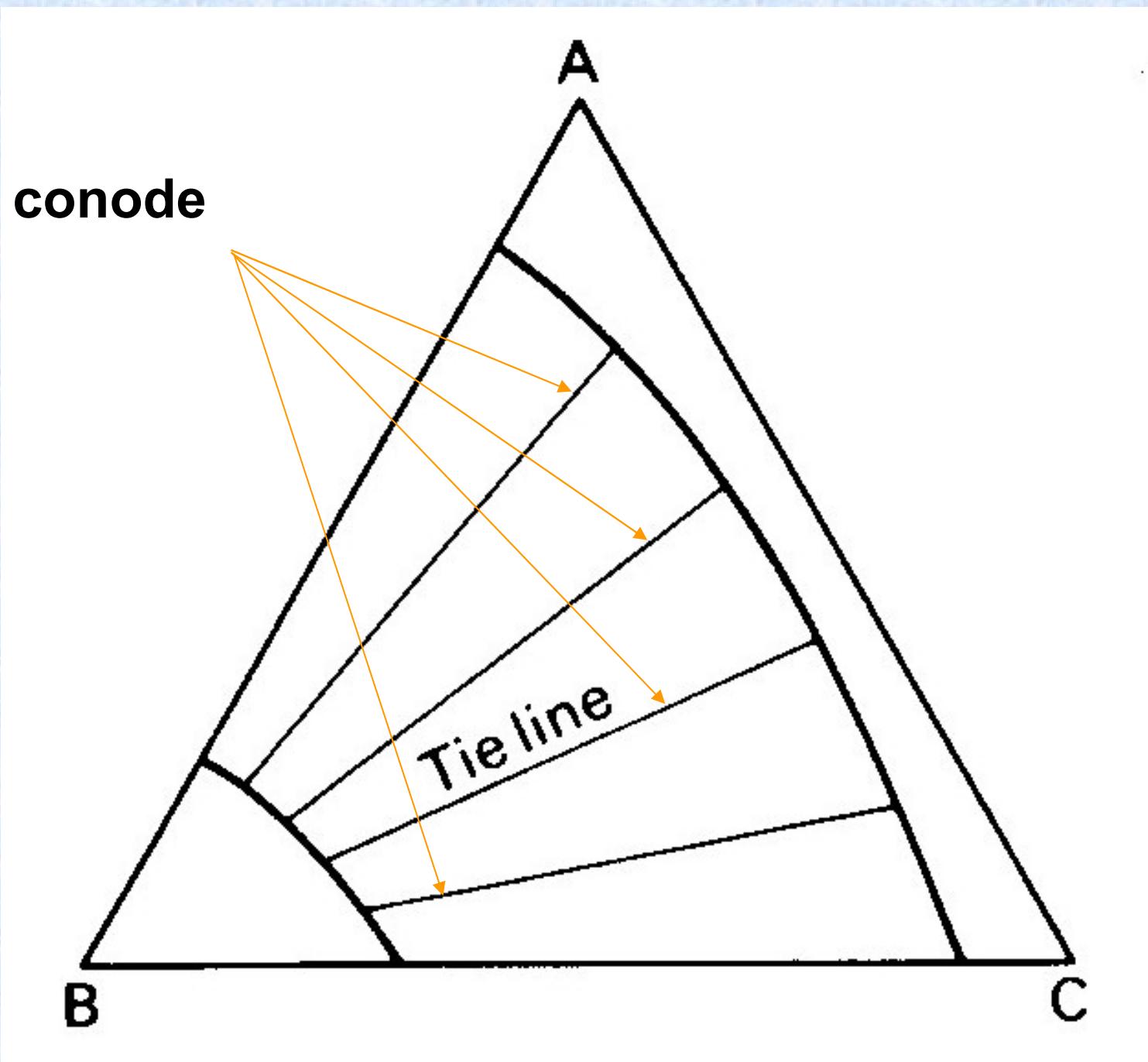


Sistemul Anilina (A) – Apa (B) – Fenol (C)

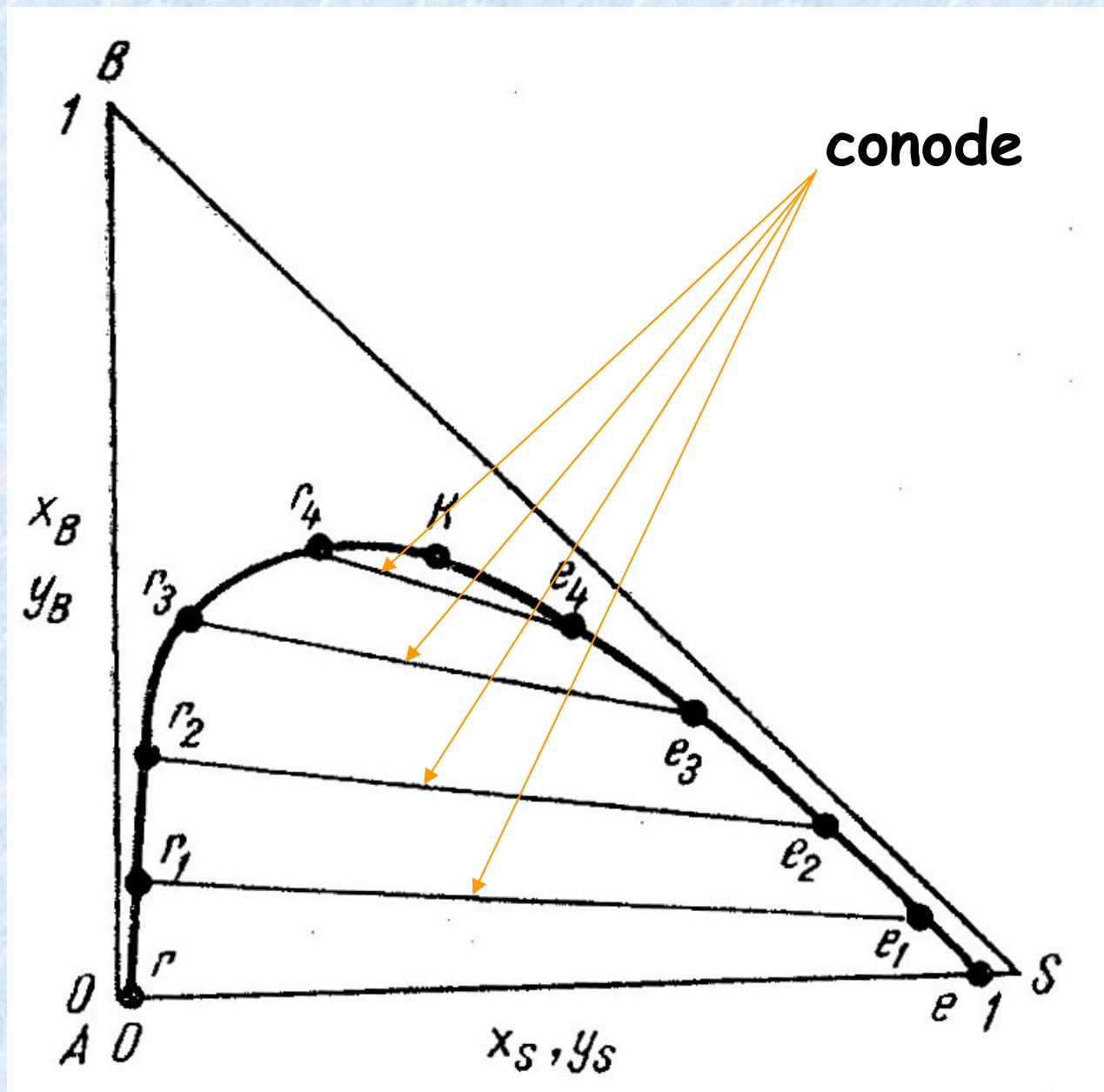
- Se formeaza 2 regiuni bifazice separate, care la temp. ridicate se unesc intr-o singura zona bifazica.
- A si C sunt total miscibile
- B si A - partial miscibile
- B si C - partial miscibile



Sistemul Anilina (A) – Apă (B) – Fenol (C)

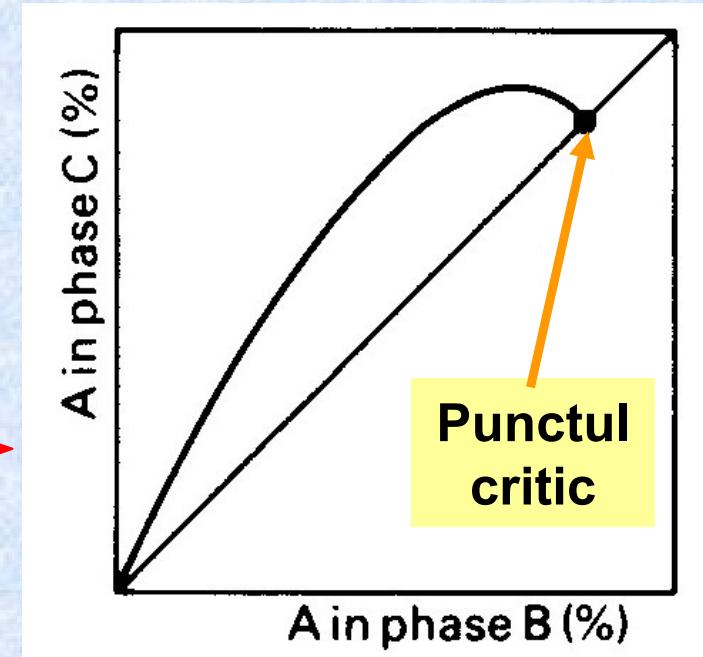


Reprezentarea sistemelor ternare in triunghiul dreptunghic isoscel



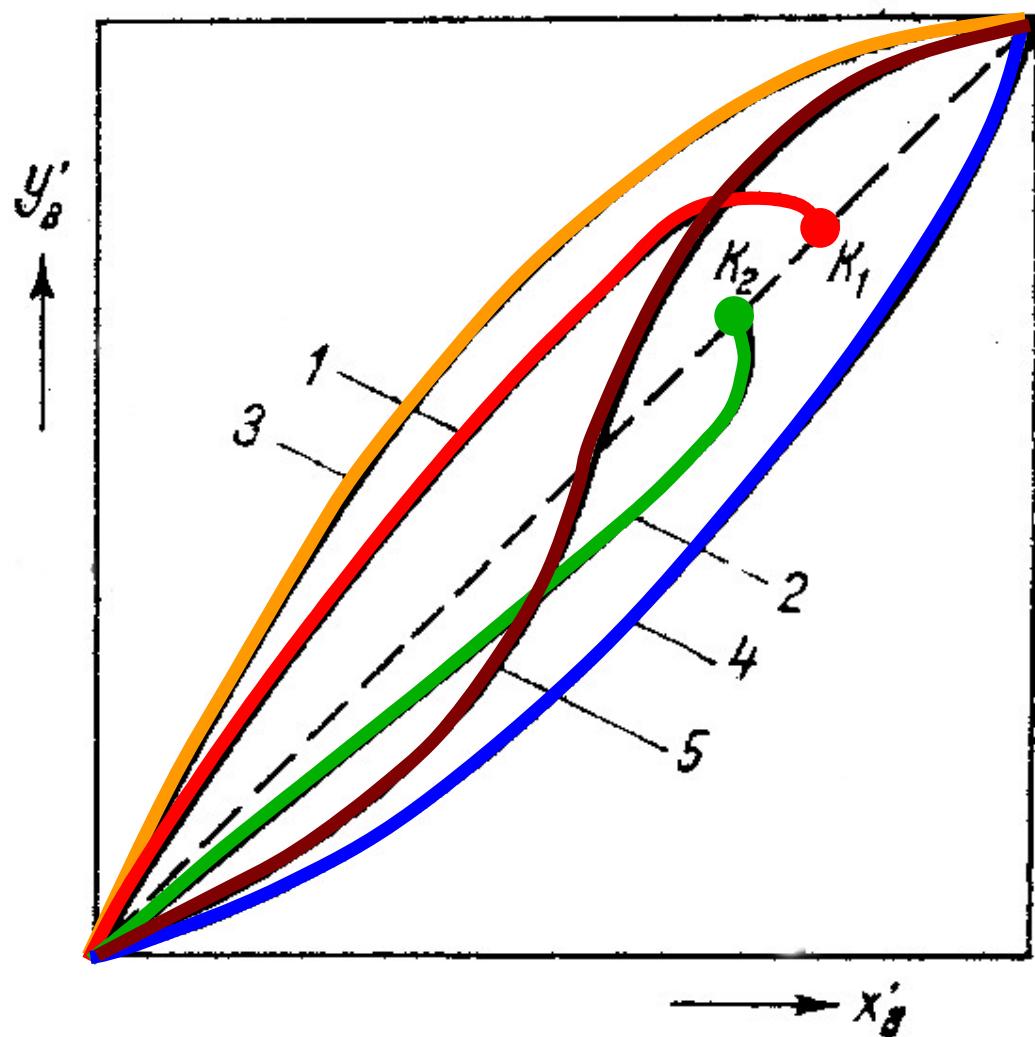
Date de echilibru

- Pentru determinarea selectivitatii solventilor si pt. calculul nr. teoretic de trepte de extractie, mai utile sunt diagramele de forma: 
- Se folosesc coordonate rectangulare si se reprezinta dependenta conc. solutiilor in cele 2 faze, raportate la amestecul lipsit de solvent.



Date de echilibru

- Curbele 1 si 2: caracteristice sist. 3/1;
- Curbele 3, 4, 5: caract. pt. sist. 3/2 tip banda;
- Curbele 1 si 3: conc. mai mare a solutului in extract;
- Curbele 2 si 4: conc. mai mare a solutului in rafinat;
- Curba 5: amestec **solutrop**: (la conc. mici rafinat mai bogat in solut; la conc. mari extract mai bogat in solut)

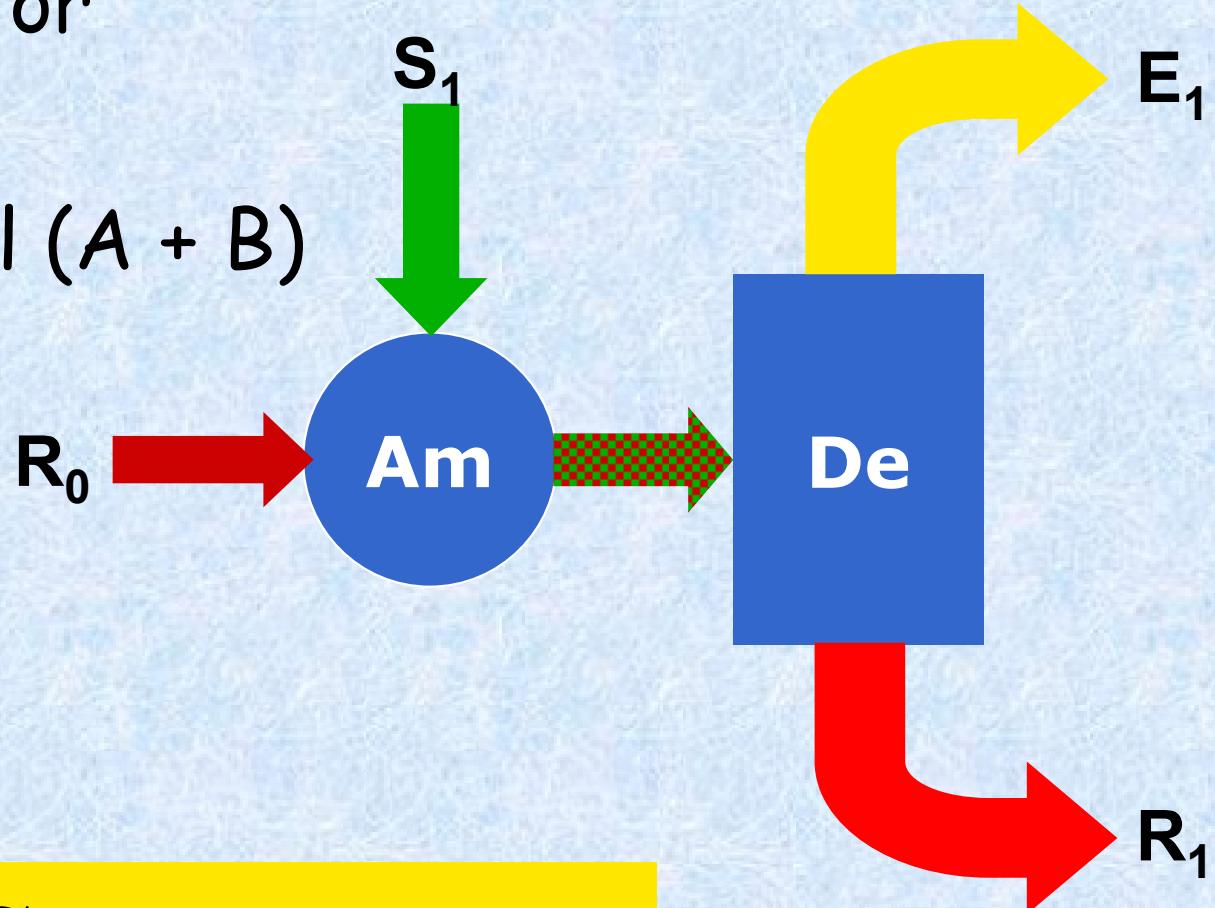


Procedee generale de extractie

- Dupa modul de contactare a lichidelor exista:
 - extractie simpla, cu un singur contact;
 - extractie simpla, cu contact multiplu;
 - extractie cu contact multiplu, in contracurent;
 - extractie in contracurrent, cu reflux;
 - extractie continua (diferentiala), in contracurrent.

Extractie simpla, cu un singur contact

- Am - amestecator
- De - decantor
- R_0 - lichid initial ($A + B$)
- S_1 - solvent
- E_1 - extract
- R_1 - rafinat



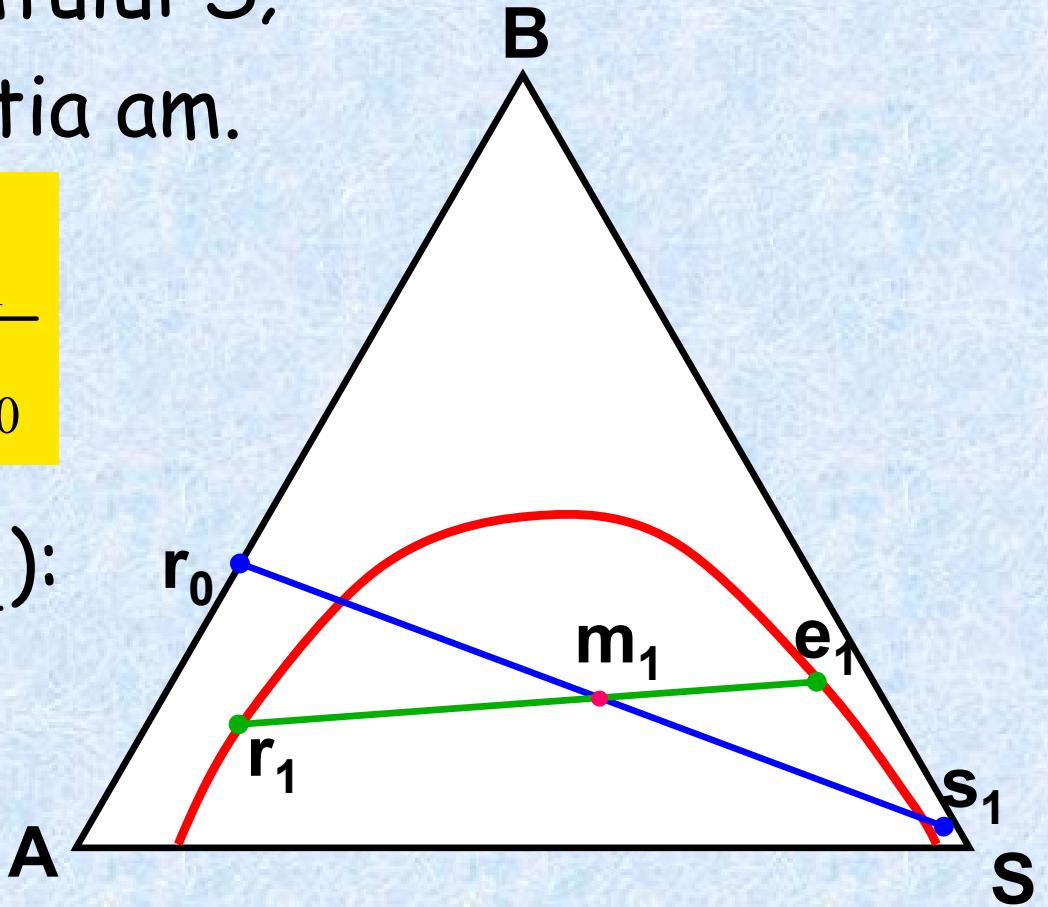
$$R_0 + S_1 = E_1 + R_1$$

Extractie simpla, cu un singur contact

- In inst. anexe, solventul din E si R se recupereaza prin distilare;
- Procedeul = uzual discontinuu, dar se poate aplica si continuu, in regim stationar;
- Cu o buna agitare, eficacitatea se apropie de cea a unitatii teoretice;
- Consum mare de solvent;
- Corespunde *distilariei simple*.

Extractie simpla, cu un singur contact

- r_0 - comp. coresp. am. initial R_0 ;
- s_1 - comp. coresp. solventului S ;
- Pct. $m_1 \ni r_0 s_1 =$ componenția am. global M ;
- Locul pct. m_1 :
$$\frac{\overline{r_0 m_1}}{s_1 m_1} = \frac{s_1}{R_0}$$
- Lungimea $r_0 s_1 \sim (R_0 + S_1)$:



Extractie simpla, cu un singur contact

$$\overline{r_0 m_1} = \overline{r_0 s_1} \cdot \frac{s_1}{R_0 + S_1};$$

$$\overline{s_1 m_1} = \overline{r_0 s_1} \cdot \frac{R_0}{R_0 + S_1}$$

- Se traseaza conoda $r_1 e_1$ care trece prin m_1 .
- Punctele r_1 si e_1 = compozitia rafinatului, respectiv a extractului;

Extractie simpla, cu un singur contact

- Debitele de rafinat (R_1) si extract (E_1) rezulta din bilantul global:

$$R_0 + S_1 = E_1 + R_1$$

- si din relatia:

$$\frac{\overline{r_1 m_1}}{\overline{e_1 m_1}} = \frac{E_1}{R_1}$$

Extractie simpla, cu un singur contact

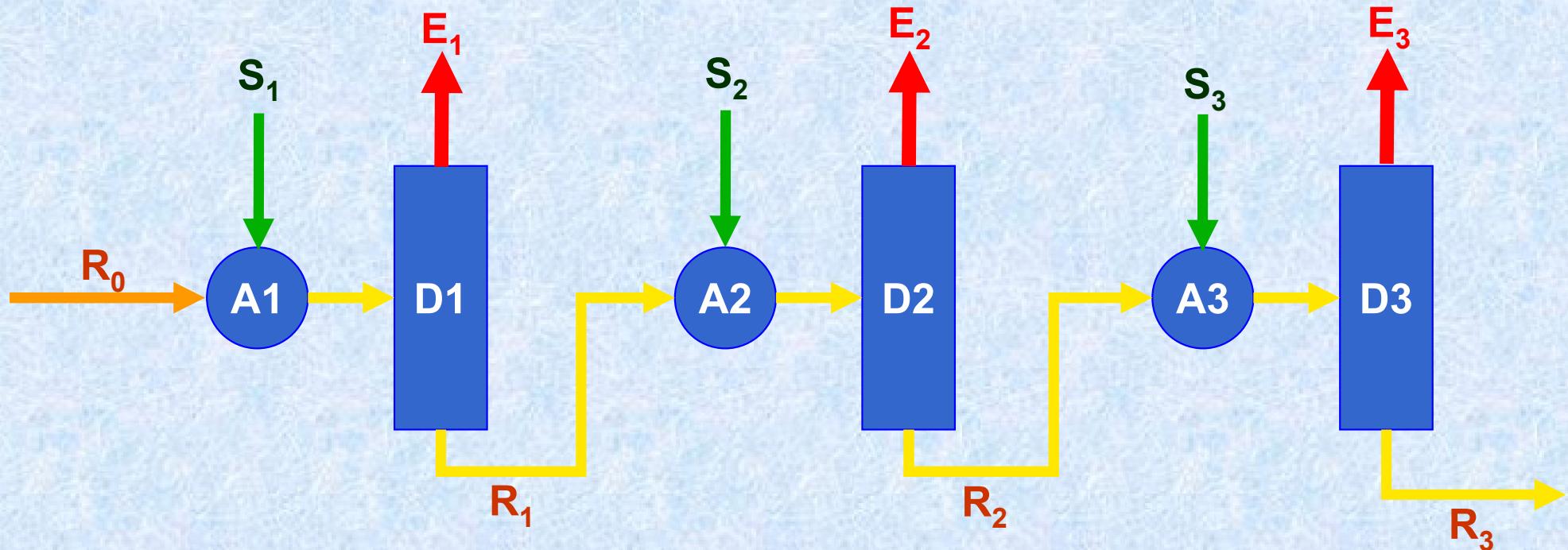
- sau:

$$E_1 = (E_1 + R_1) \frac{\overline{r_1 m_1}}{\overline{r_1 e_1}} = (R_0 + S_1) \frac{\overline{r_1 m_1}}{\overline{r_1 e_1}}$$

$$R_1 = (E_1 + R_1) \frac{\overline{e_1 m_1}}{\overline{r_1 e_1}} = (R_0 + S_1) \frac{\overline{e_1 m_1}}{\overline{r_1 e_1}}$$

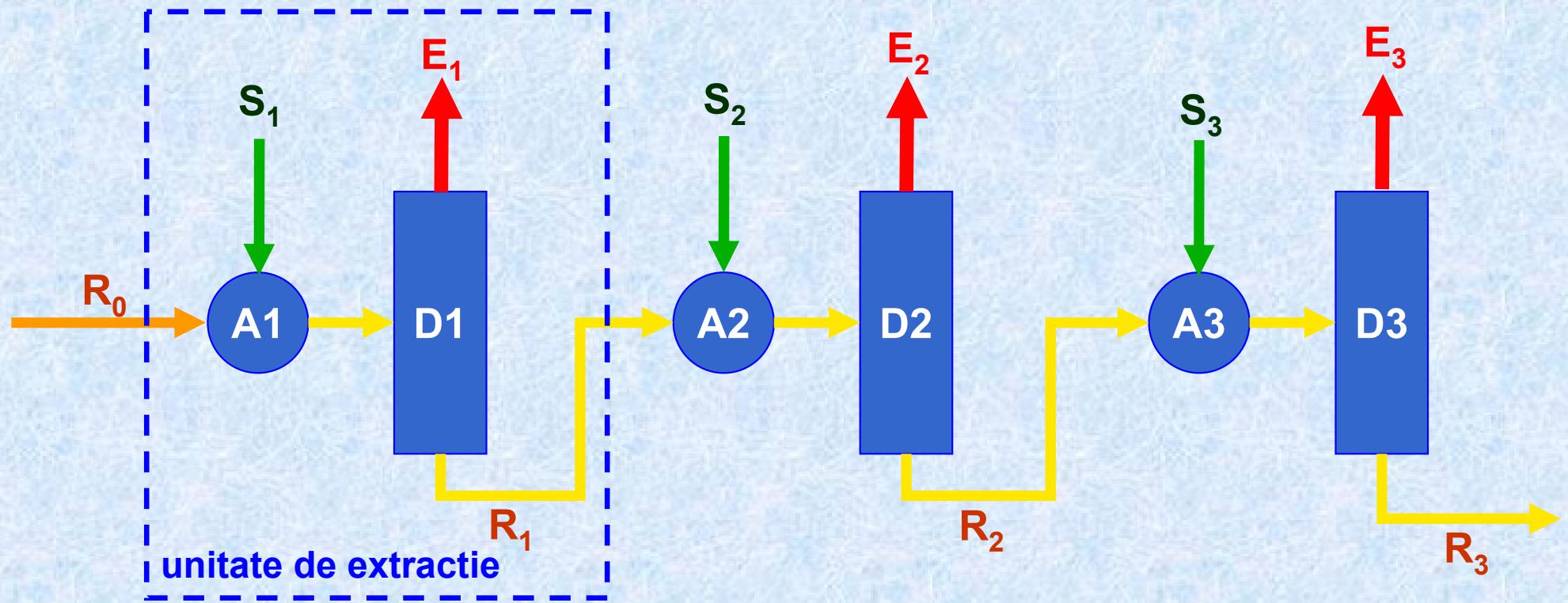
Extractia simpla cu contact multiplu

- Extractie simpla, cu un singur contact, repetata:



- Solventul este adaugat in mai multe portiuni;
- Cu aceeasi cantitate totala de solvent, se poate realiza o separare mai avansata

Extractia simpla cu contact multiplu



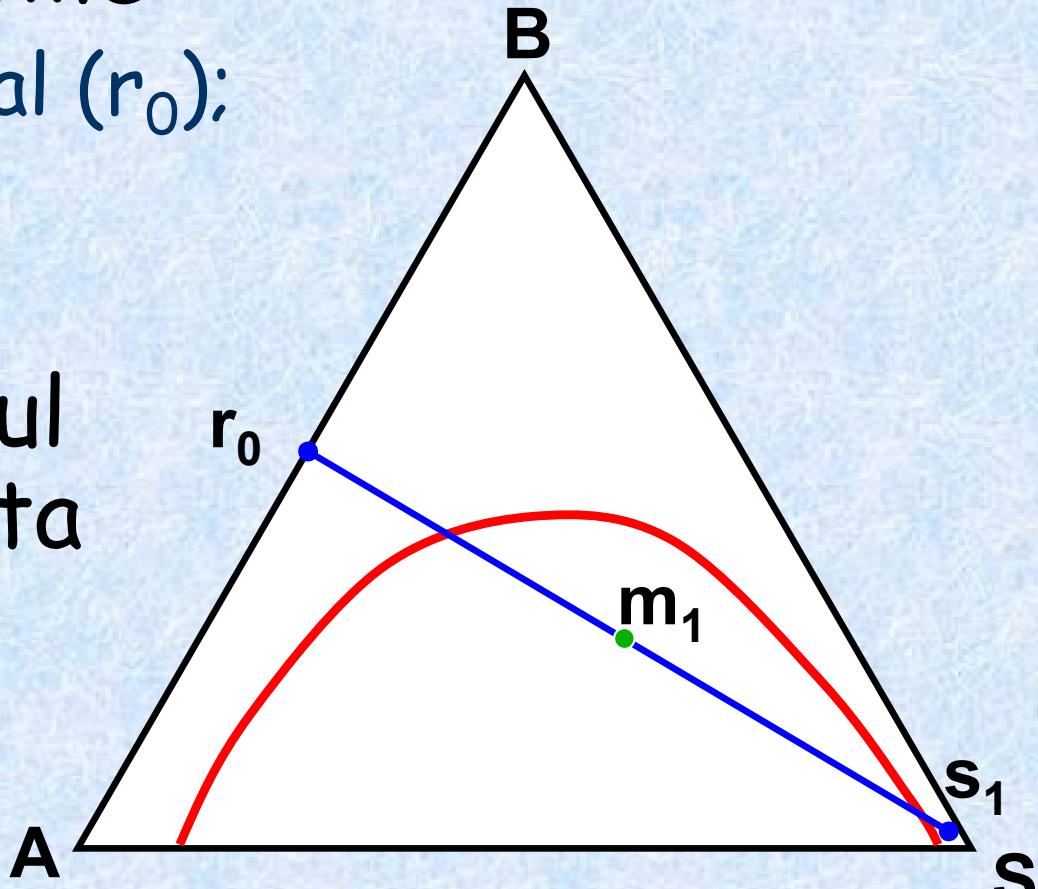
- Cu cat nr. unitatilor de extractie este mai mare:
 - separarea amestecului este mai inaintata;
 - scade randamentul separarii.
- Procesul poate fi realizat in sarje sau continuu.

Extractia simpla cu contact multiplu

- **Reprezentare si calcul**
- Date cunoscute:
 - cantitatea si compozitia amestecului initial;
 - compozitia si cantitatea solventului folosita in fiecare unitate;
 - continutul maxim de component B ramas in rafinatul final.
- Se cere sa se determine:
 - numarul unitatilor de extractie;
 - cantitatea si compozitia amestecului final;
 - cantitatea si compozitia extractului final.

Extractia simpla cu contact multiplu

- Se construieste graficul ternar, pe care se fixeaza compozitiile:
 - amestecului initial (r_0);
 - solventului (s_1).
- Pe dreapta $r_0 s_1$ se fixeaza punctul m_1 care reprezinta compozitia amestecului global:
 $M_1 = (R_0 + S_1)$

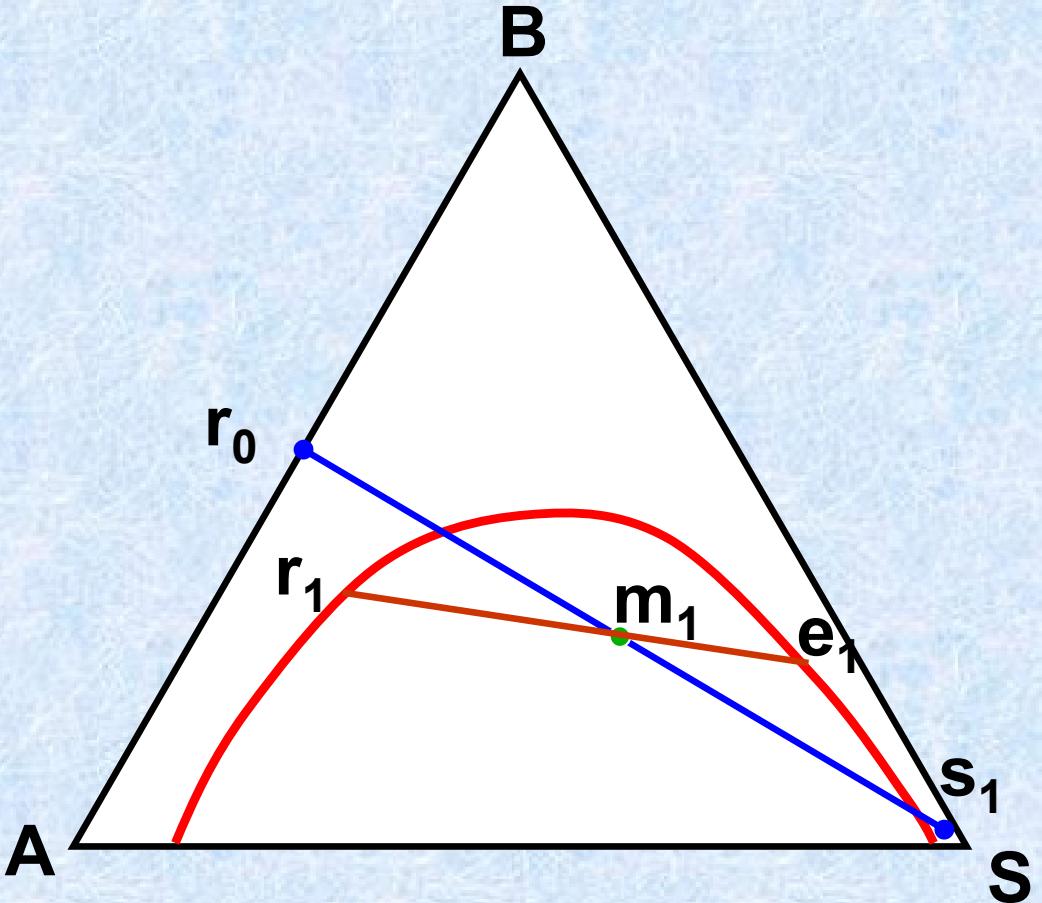


Extractia simpla cu contact multiplu

- Locul pct. m_1 este dat de relatia:

$$\frac{\overline{r_0 m_1}}{\overline{s_1 m_1}} = \frac{S_1}{R_0}$$

- se duce prin m_1 (prin interpolare) conoda $r_1 e_1$.
- Raportul dintre rafinat si extract in prima unitate se gaseste grafic cu ecuatia:

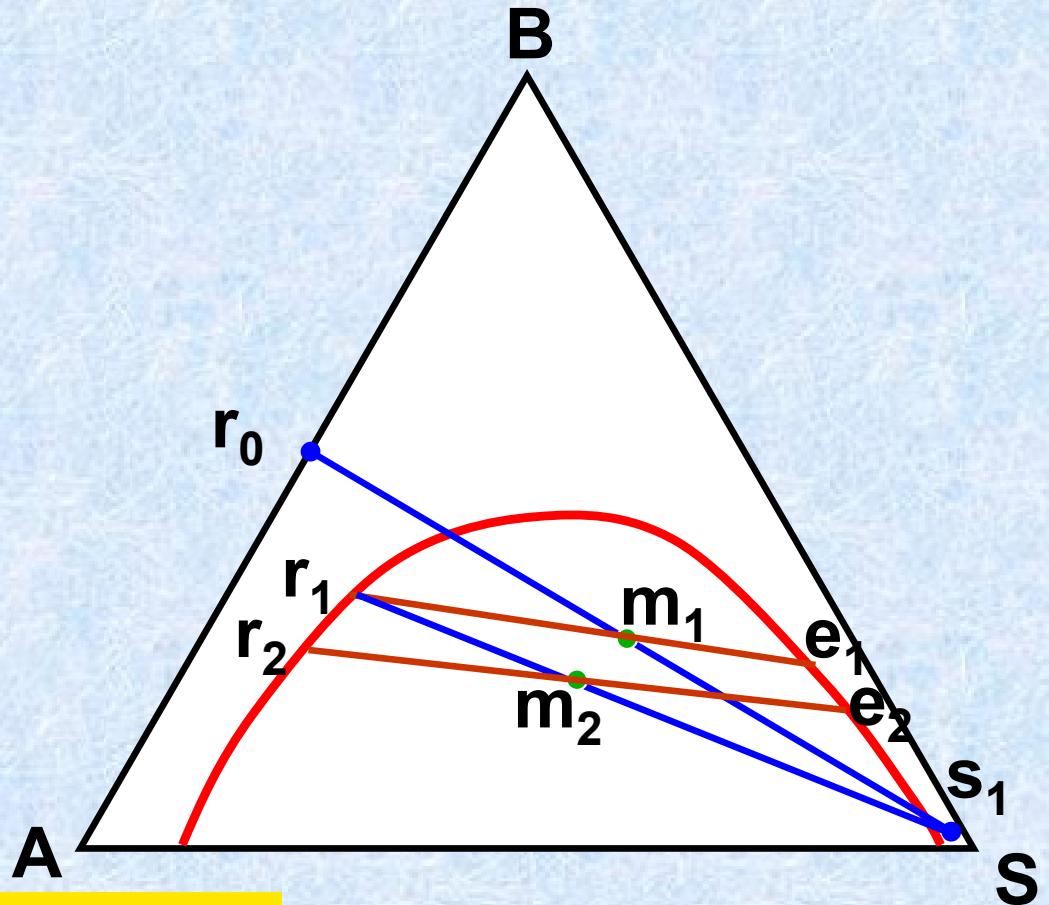


$$\frac{R_1}{E_1} = \frac{\overline{e_1 m_1}}{\overline{r_1 m_1}}$$

Extractia simpla cu contact multiplu

- Se unește r_1 cu s_2 .
Uzual s_2 coincide cu s_1 .
- Pe dreapta $r_1 s_2$ se fixează punctul m_2 care reprezintă compozitia amestecului global M_2 :
 $M_2 = (R_1 + S_2)$
- Locul punctului M_2 rezulta din relația:

$$\frac{r_1 m_2}{s_2 m_2} = \frac{S_2}{R_1}$$



Extractia simpla cu contact multiplu

- Se repeta aceste operatii pana cand ultimul rafinat, R_n , atinge sau depaseste compozitia ceruta a rafinatului final.
- Numarul unitatilor de extractie = indicele ultimului rafinat ("n").
- Cantitatea totala de solvent folosita:

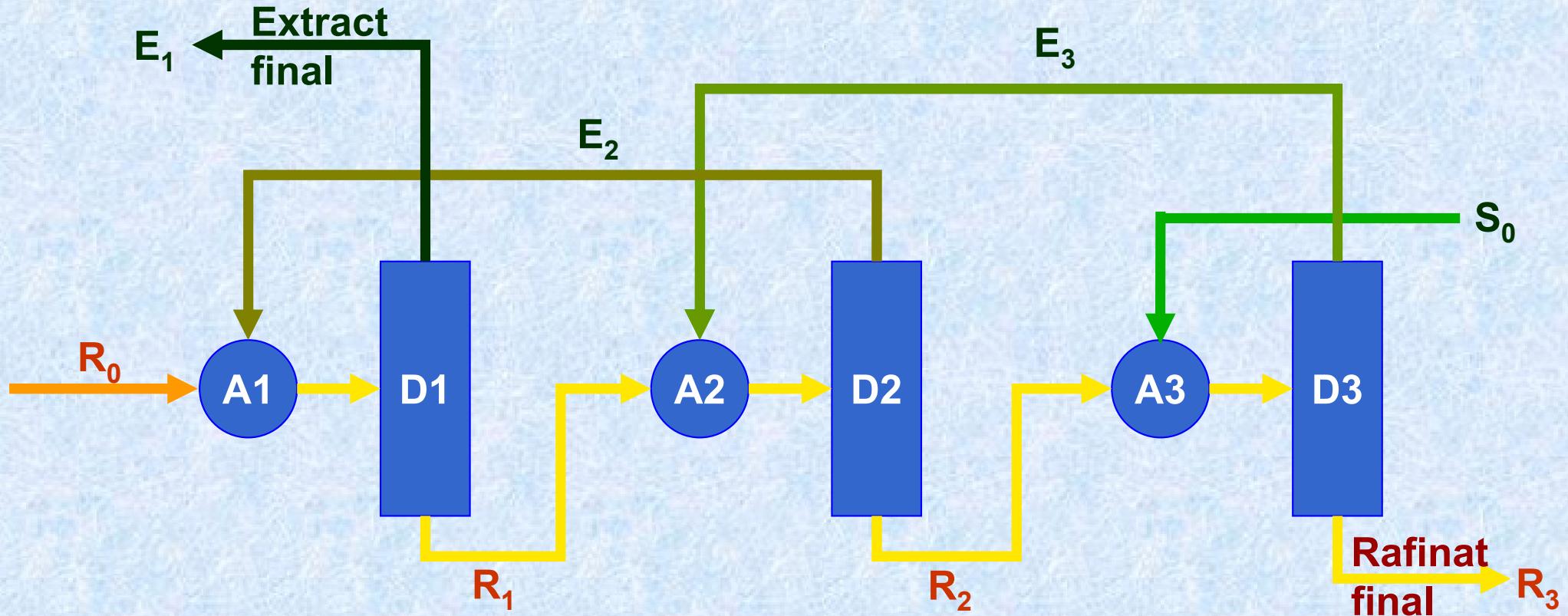
$$S = S_1 + S_2 + \cdots + S_n$$

Extractia cu contact multiplu, in contracurent

- Solventul este folosit mai rational:
 - fie se micsoreaza consumul de solvent
 - fie se imbunatateste randamentul separarii.
- Amestecul de separat, R_0 este introdus in prima unitate de extractie, iar solventul proaspat se introduce in ultima unitate.



Extractia cu contact multiplu, in contracurent



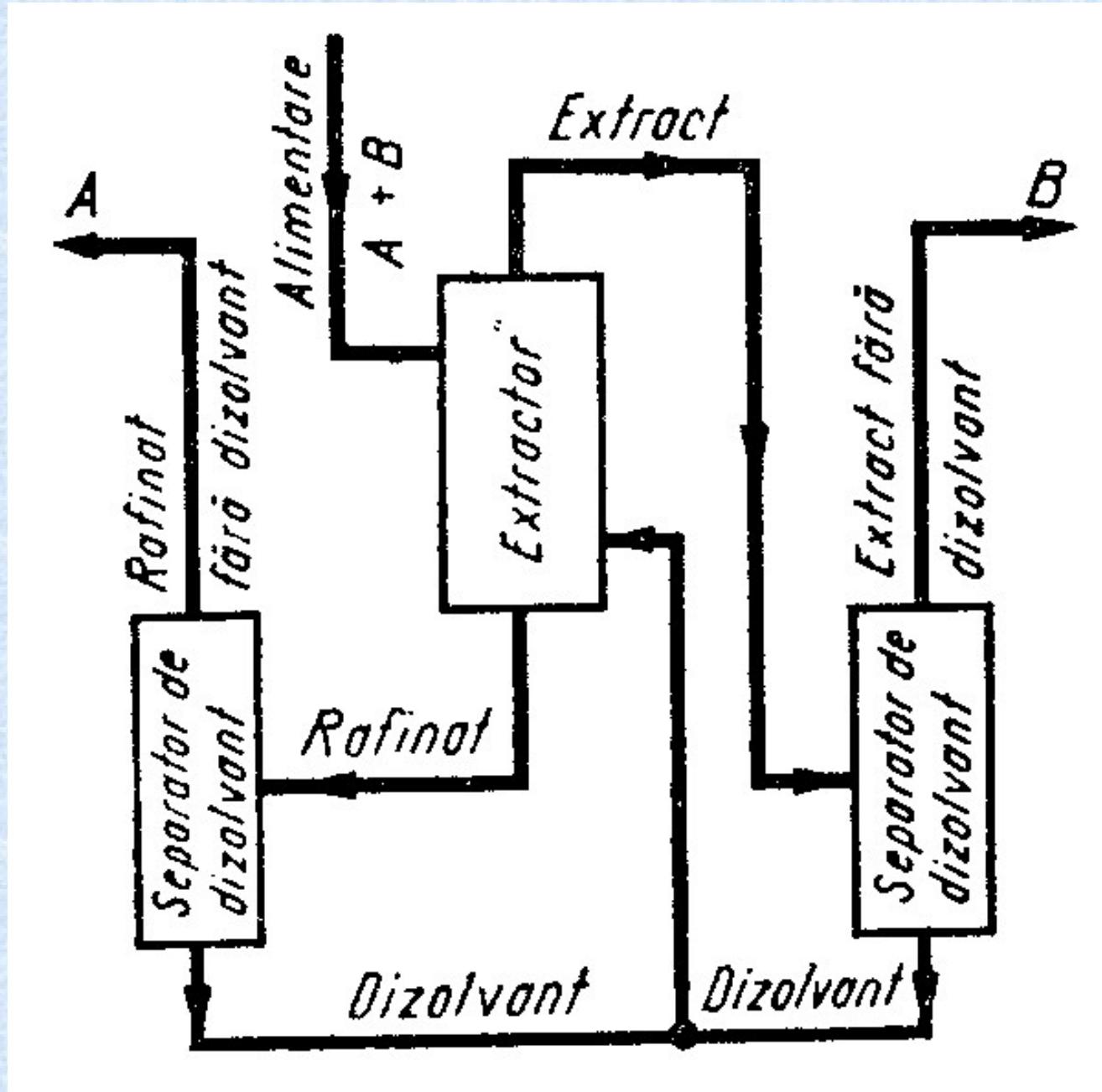
- Calculul procesului: Bratu, III, p. 216 +

Extractia in contracurent, cu reflux

- Cand selectivitatea solventului este slaba:
 - nr. unitatilor de extractie in contracurent creste;
 - puritatea extractului E tinde catre o limita care nu poate fi depasita;
- Aceste dezavantaje sunt inlaturate prin folosirea refluxului:
 - se poate lucra cu solventi mai putin selectivi pt. solutul B, sau chiar cu solventi selectivi pt. comp. A → se reduce nr. unitatilor de extractie
 - se poate ajunge la un extract si un rafinat oricat de pure

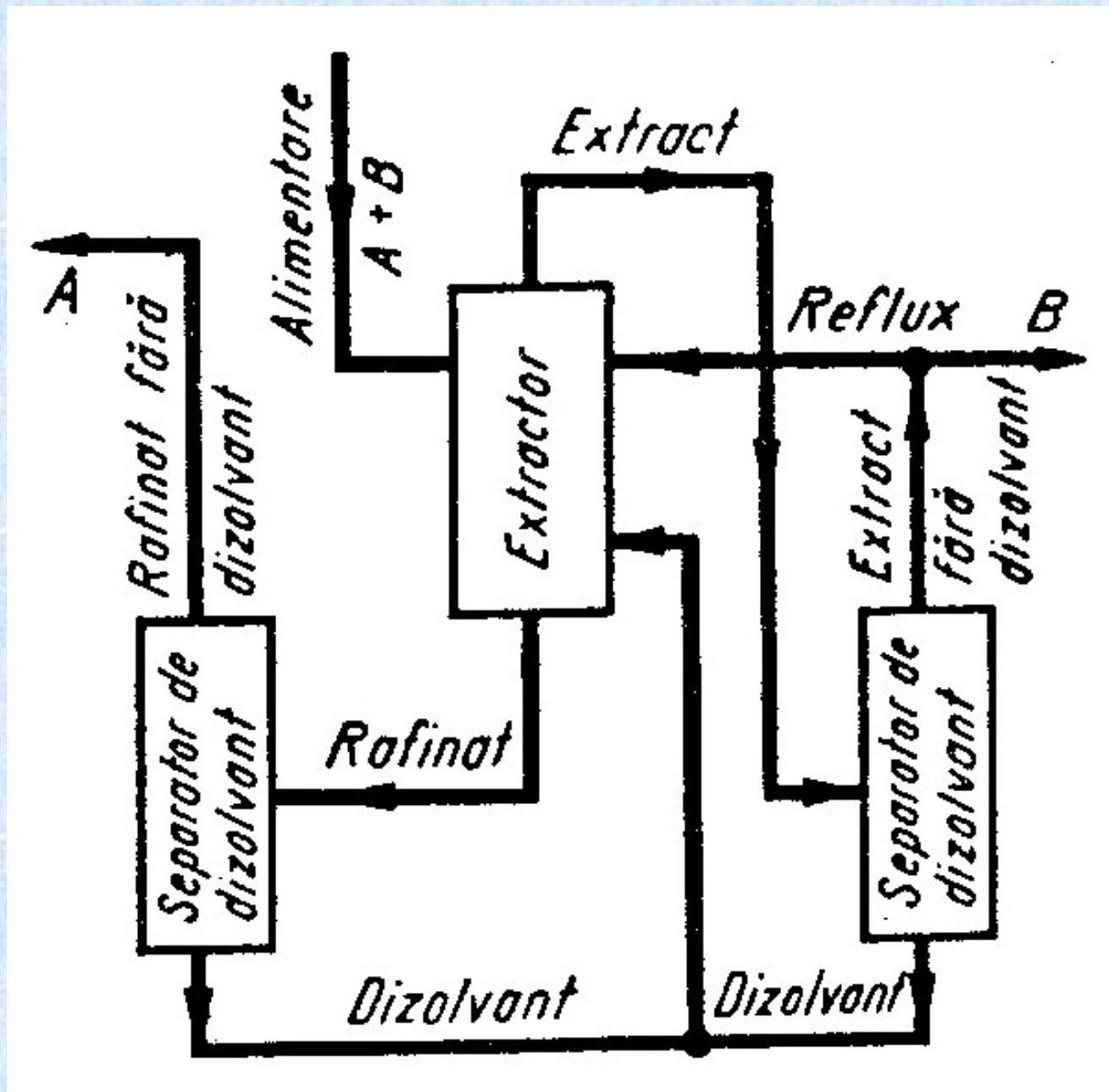
Extractia in contracurent, cu reflux

- Extractie in contracurent, fara reflux:



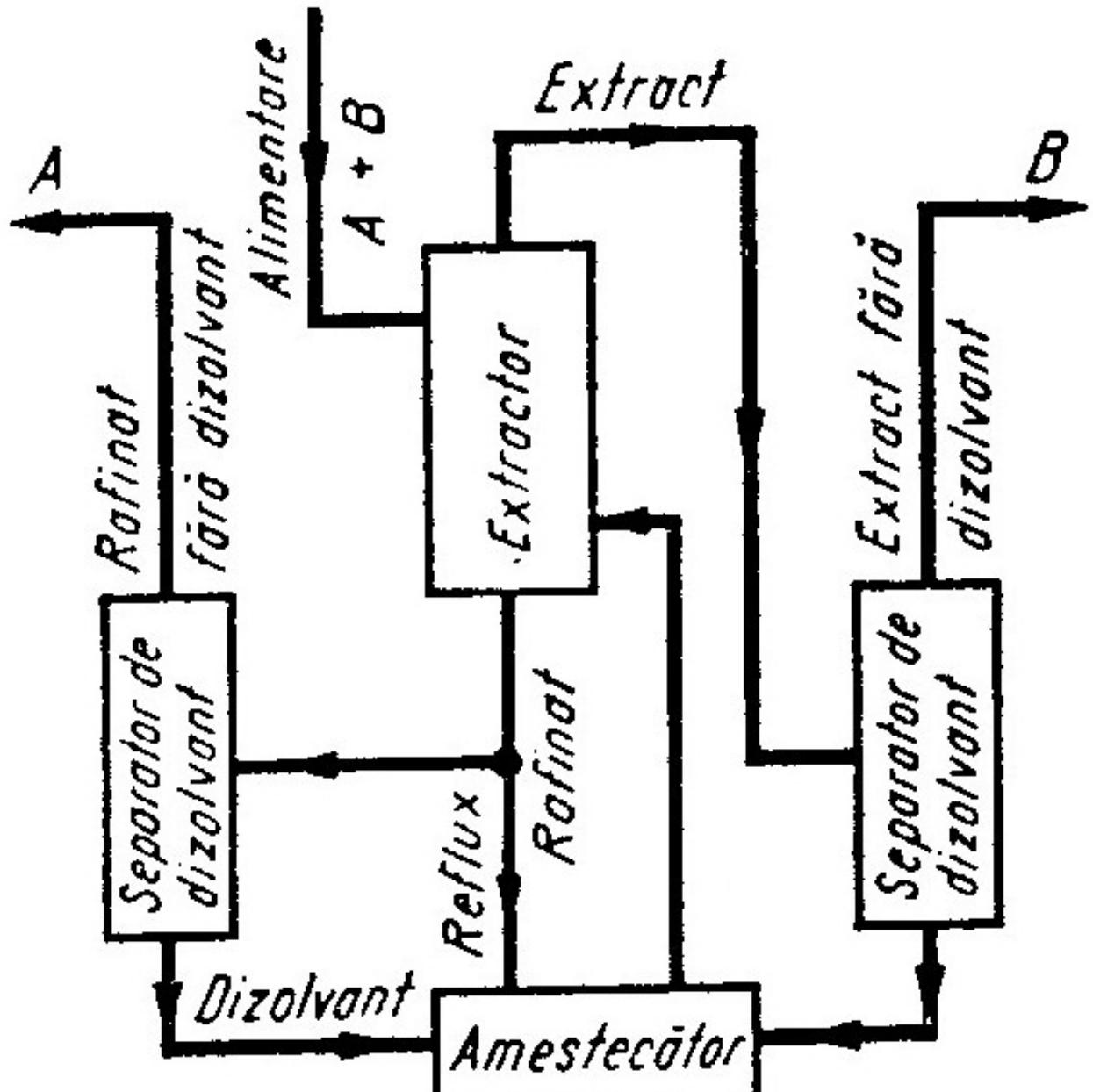
Extractia in contracurent, cu reflux

- Cu reflux de extract:



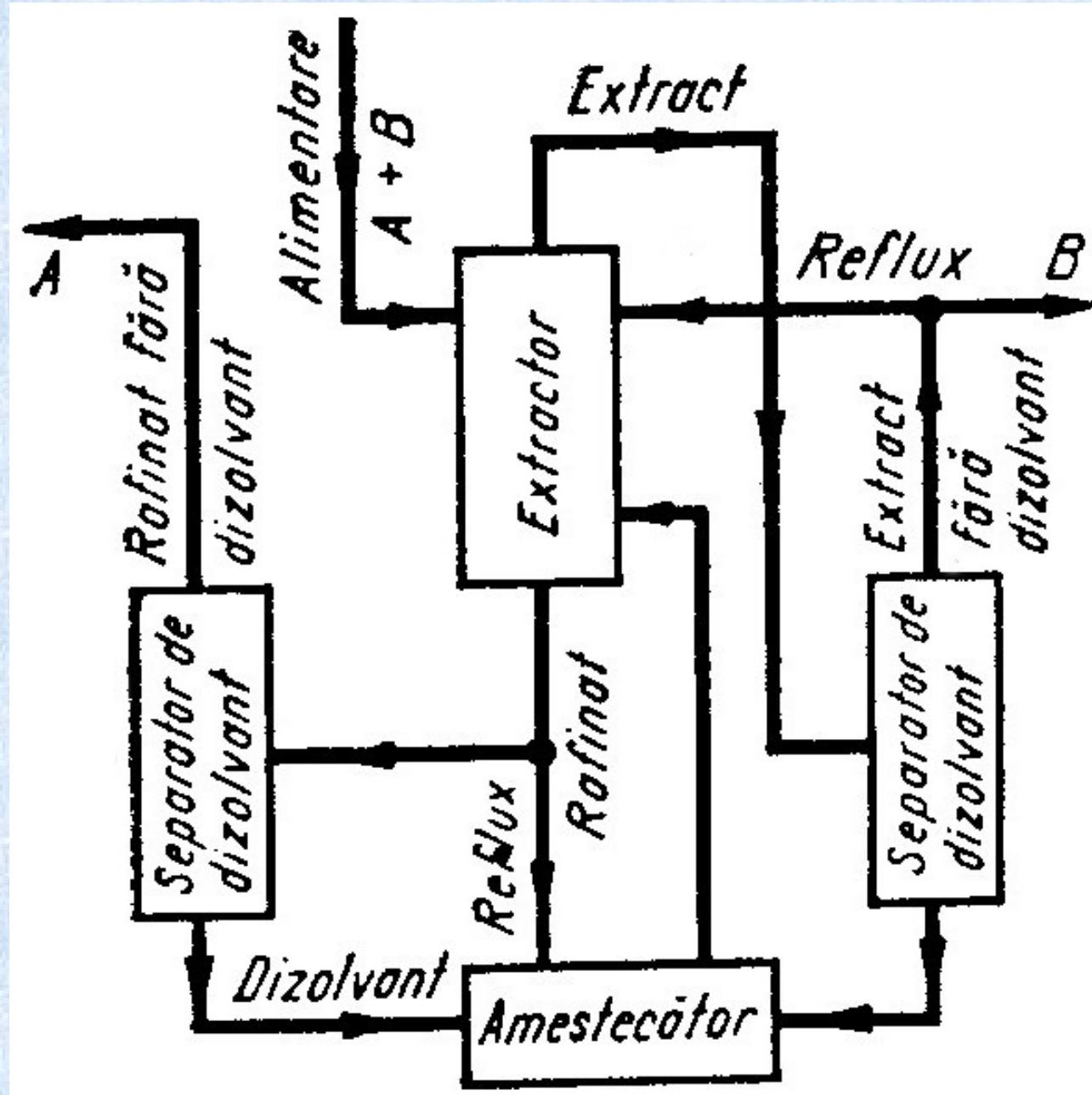
Extractia in contracurent, cu reflux

- Cu reflux de rafinat:



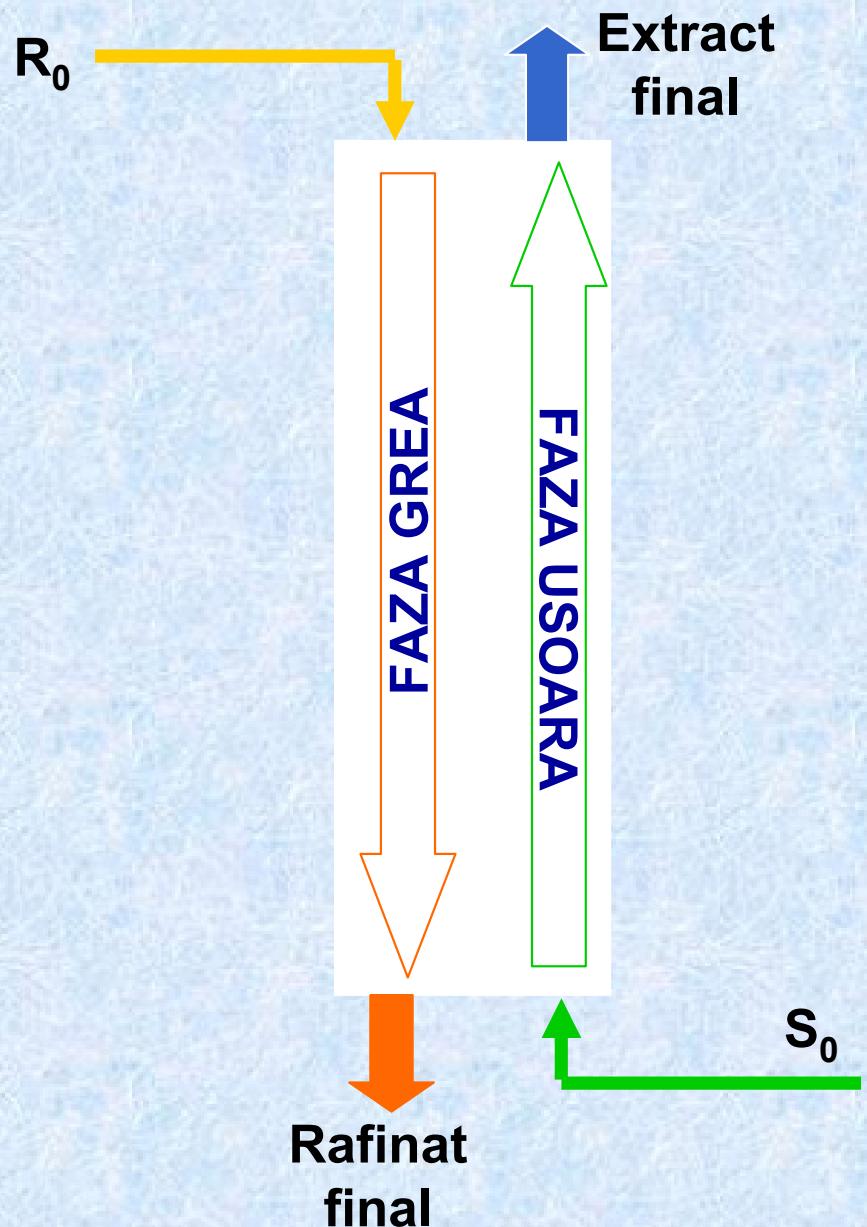
Extractia in contracurent, cu reflux

- Cu reflux de extract si de rafinat:



Extractia diferentiala, in contracurent

- Unitatile distincte de extractie sunt inlocuite cu o coloana (cu sau fara umplutura), in care cele 2 faze lichide circula in contracurent, pe baza diferentei de densitate.

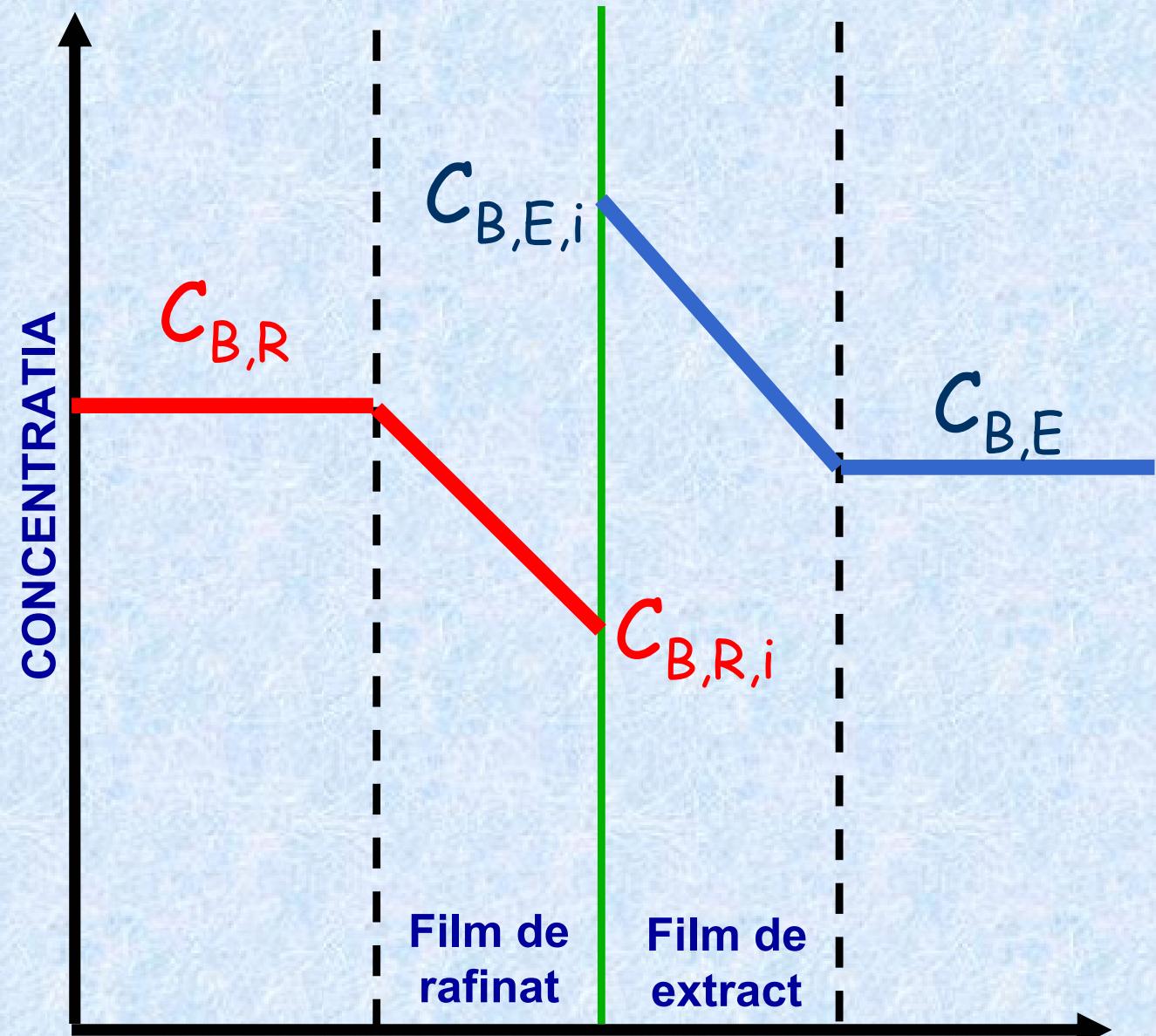


Extractia diferențială, în contracurent

- În procedeele cu unități distincte, se pp. realizarea echil. TD în fiecare unitate de extractie;
- În coloanele de extractie, (regim continuu, stationar) echil. TD nu se atinge la nici un nivel al coloanei;
- Transferul comp. B din R în E se bazează tocmai pe inexistentă echil.;
- Dif. de conc. fata de conc. de echil. = FORTA MOTOARE care det. transferul componentului B dintr-o fază în alta.

Extractia diferențială, în contracurent

- Dpdv teoretic, Extr. Dif. CC este asemanatoare cu absorbtia gazelor;
- Cf. teoriei celor 2 filme:



Extractia diferențială, în contracurent

- Ipoteza simplificatoare: S nemiscibil cu A
 - RAFINATUL: A + B
 - EXTRACTUL: B + S
- Ecuatiile difuziunii se scriu:

$$n_B = k_R \cdot F \cdot (C_{B,R} - C_{B,R,i}) \quad \text{- pentru filmul de rafinat}$$
$$n_B = k_E \cdot F \cdot (C_{B,E,i} - C_{B,E}) \quad \text{- pentru filmul de extract}$$

- n_B - cant. de B, care trece prin interfața de arie F în unitatea de timp;
- $k_{R(E)}$ - coeficientul parțial de transfer în filmul de rafinat (extract)

Extractia diferențială, în contracurent

- Daca linia de echilibru se aprox. cu o dreapta:
- m - panta dreptei

$$C_{B,E,i} = m \cdot C_{B,R,i}$$

- Este preferabil sa se lucreze cu coeficientii totali de transfer:

$$n_B = K_R \cdot F \cdot (C_{B,R} - C_{B,R}^*) - \text{pentru filmul de rafinat}$$

$$n_B = K_E \cdot F \cdot (C_{B,E}^* - C_{B,E}) - \text{pentru filmul de extract}$$

Extractia diferențială, în contracurent

- Coeficientii totali de transfer au expresiile:

$$K_R = \frac{1}{\frac{1}{k_R} + \frac{1}{m \cdot k_E}}$$

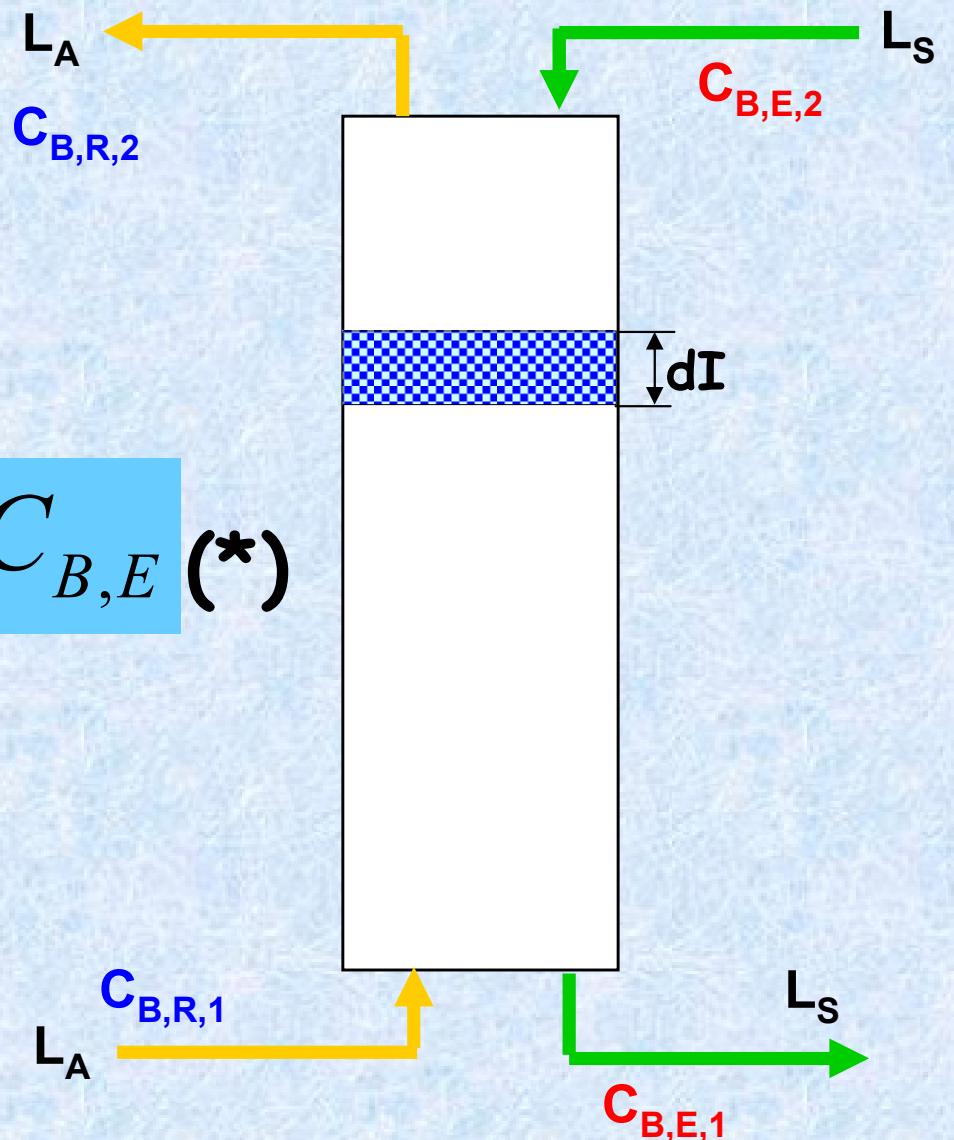
$$K_R = \frac{1}{\frac{m}{k_R} + \frac{1}{k_E}}$$

Extractia diferențială, în contracurent

- Dacă procesul decurge în coloane cu umplutura, bilantul de materiale în stratul de grosime dI se scrie:

$$dN_B = L_A \cdot dC_{B,R} = L_S \cdot dC_{B,E} (*)$$

- L_A - debitul (ct. în lungul coloanei) de A din rafinat
- L_S - debitul (ct. în lungul coloanei) de S din extract



Extractia diferențială, în contracurent

- Ecuatiile de transfer de masa în stratul dI:

$$dN_B = k_R \cdot (C_{B,R} - C_{B,Ri}) \cdot dF$$

$$dN_B = k_E \cdot (C_{B,Ei} - C_{B,E}) \cdot dF$$

$$dN_B = K_R \cdot (C_{B,R} - C_{B,R}^*) \cdot dF$$

$$dN_B = K_E \cdot (C_{B,E}^* - C_{B,E}) \cdot dF$$

(***)

- Combinând (*) cu (**) se obține:

Extractia diferențială, în contracurent

$$dN_B = L_A \cdot dC_{B,R} = k_R \cdot (C_{B,R} - C_{B,Ri}) \cdot dF$$

- Separand variabilele și integrand:

$$\int_{C_{B,R1}}^{C_{B,R2}} \frac{dC_{B,R}}{C_{B,R} - C_{B,R,i}} = \frac{k_R}{L_A} \cdot \int_0^F dF = \frac{k_R}{L_A} \cdot F = \frac{k_R}{L_A} \cdot \sigma \cdot V$$

- sau.

$$(NUT)_{rafнат} = \frac{k_R}{L_A} \cdot \sigma \cdot V$$

volumul umpluturii
din coloana [m³]

supraf. specifică a umpluturii [m²/m³]

Extractia diferențială, în contracurent

- Înălțimea echivalentă a unei unități de transfer a filmului de rafinat $[I = \text{înălțimea coloanei}]$:

$$(IUT)_{\text{rafinat}} = \frac{I}{(NUT)_{\text{rafinat}}} = I \cdot \frac{L_A}{k_R \cdot \sigma \cdot V}$$

- În mod similar:

$$(NUT)_{\text{extract}} = \frac{k_E}{L_S} \cdot \sigma \cdot V; \quad (IUT)_{\text{extract}} = \frac{I}{(NUT)_{\text{extract}}};$$

$$(NUT)_{\text{rafinat}} = \frac{K_R}{L_A} \cdot \sigma \cdot V; \quad (IUT)_{\text{rafinat}} = \frac{I}{(NUT)_{\text{rafinat}}};$$

$$(NUT)_{\text{extract}} = \frac{K_E}{L_S} \cdot \sigma \cdot V; \quad (IUT)_{\text{extract}} = \frac{I}{(NUT)_{\text{extract}}};$$

Extractia diferențială, în contracurent

- Între unitatile anterioar definite există relațiile:

$$(IUT)_R = (IUT)_r + \frac{L_A}{m \cdot L_S} \cdot (IUT)_e$$

$$(IUT)_E = (IUT)_e + \frac{m \cdot L_S}{L_A} \cdot (IUT)_r$$

- În cazul soluțiilor diluate, grupul constant.

$$\frac{m \cdot L_S}{L_A}$$
 este



Extractia diferențială, în contracurent

- Dacă ipotezele simplificatoare nu pot fi aplicate, ecuația:

$$(NUT)_E = \frac{1}{1 - m \cdot \frac{L'_R}{L'_E}} \cdot \ln \left[\left(1 - m \cdot \frac{L'_R}{L'_E} \right) \cdot \frac{x_1 - m \cdot y_2}{x_2 - m \cdot y_2} \cdot \frac{\frac{1 - m \cdot \frac{L'_R}{L'_E}}{1 - \frac{x_1^*}{x_1}} + m \cdot \frac{L'_R}{L'_E}}{1 - \frac{x_1^*}{x_1}} \right]$$

- da rezultate multumitoare.

Extractia diferențială, în contracurent

- m - panta curbei de echilibru la capatul cu lichide diluate;
- L_R'/L_E' - raportul dintre debitele molare de rafinat și extract;
- x - fractia molara a lui B in rafinat;
- y - fractia molara a lui B in extract;
- x^* - fractia molara a lui B in rafinat, in echilibru cu y ;
- indicii 1 și 2 se referă la cele două capete ale extractorului.

Extractia fractionata

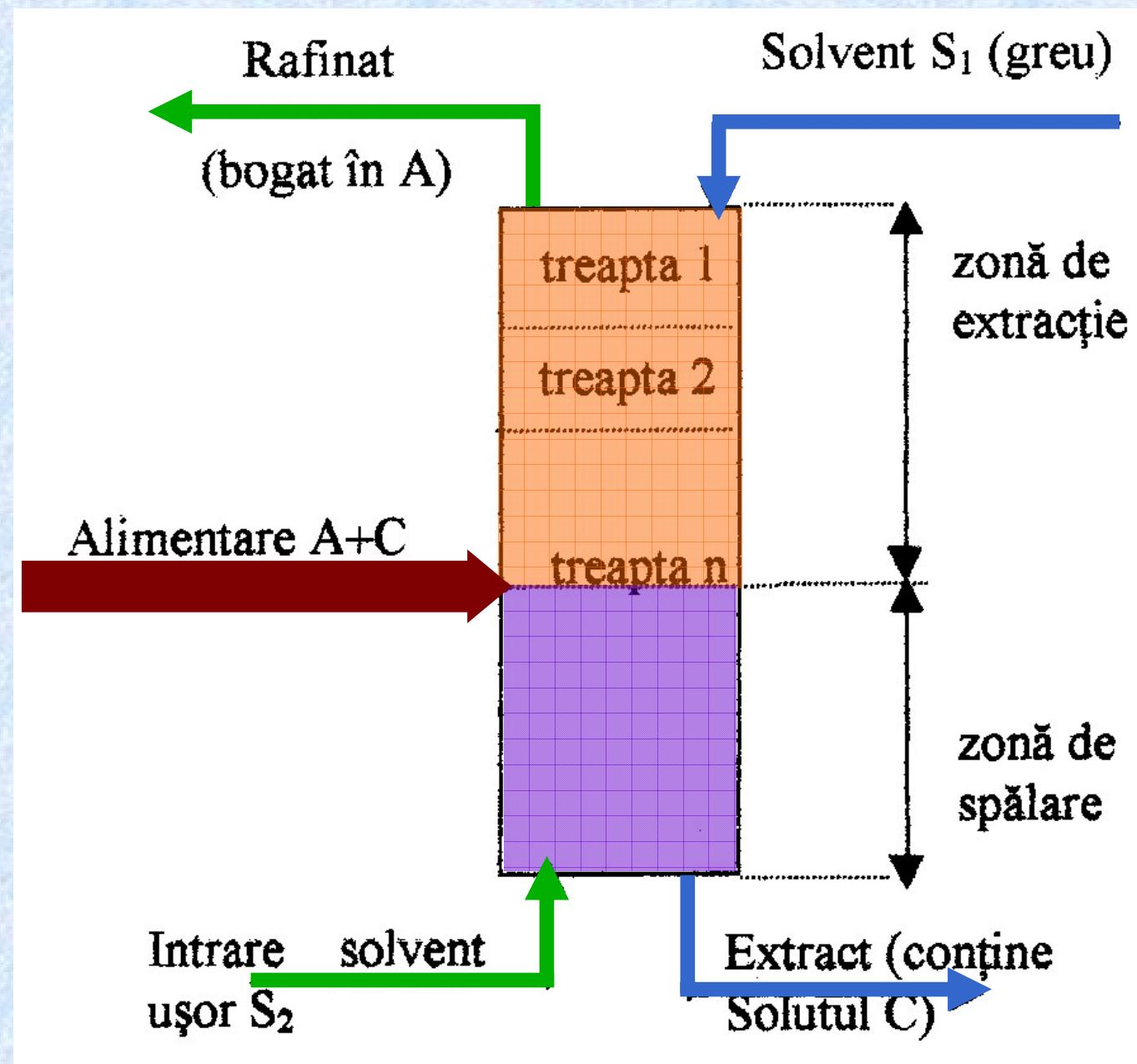
- se utilizeaza 2 solventi total (partial) nemiscibili;
- fiecare solvent favorizeaza solubilizarea preferentiala a unui component din amestecul de separat;
- solventii se contacteaza uzual in contracurent;
- selectivitatea separarii este cu atat mai mare, cu cat cei 2 solventi sunt mai nemiscibili (au polaritati foarte diferite);

Extractia fractionata

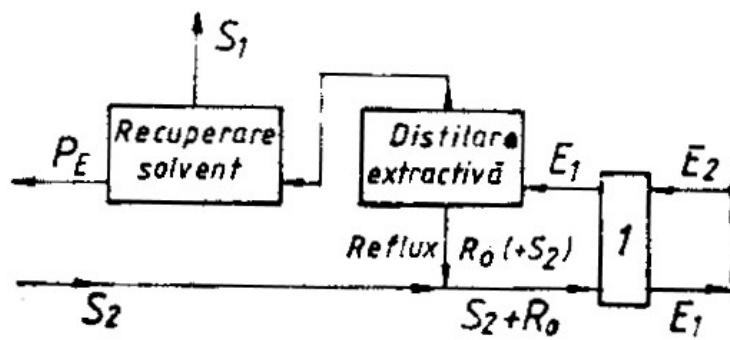
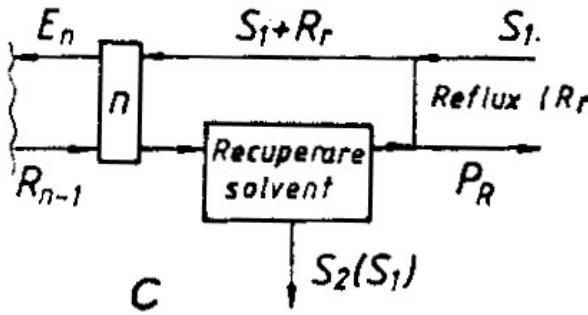
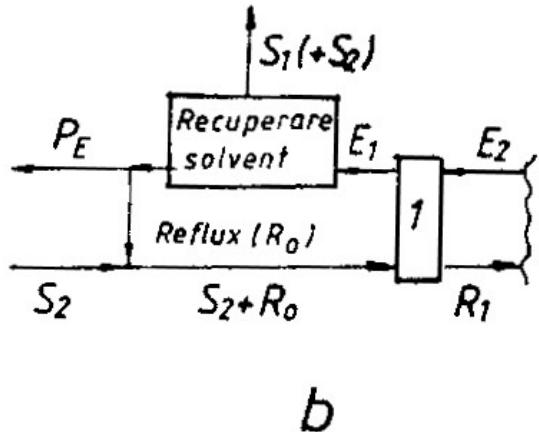
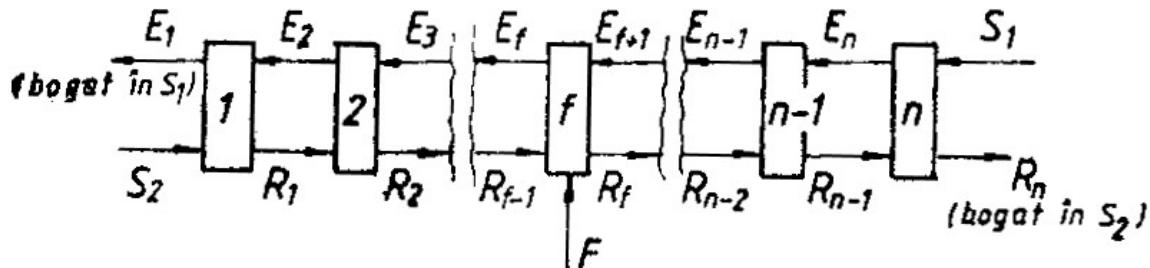
- Solventul mai polar, S_1 = solvent extractiv (principal);
- Solutia solventului S_1 = extract;
- Solventul mai putin polar (nepolar), S_2 = solvent de spalare (secundar);
- Solutia solventului S_2 = rafinat;

Extractia fractionata

Schema
de
principiu:



Extractia fractionata



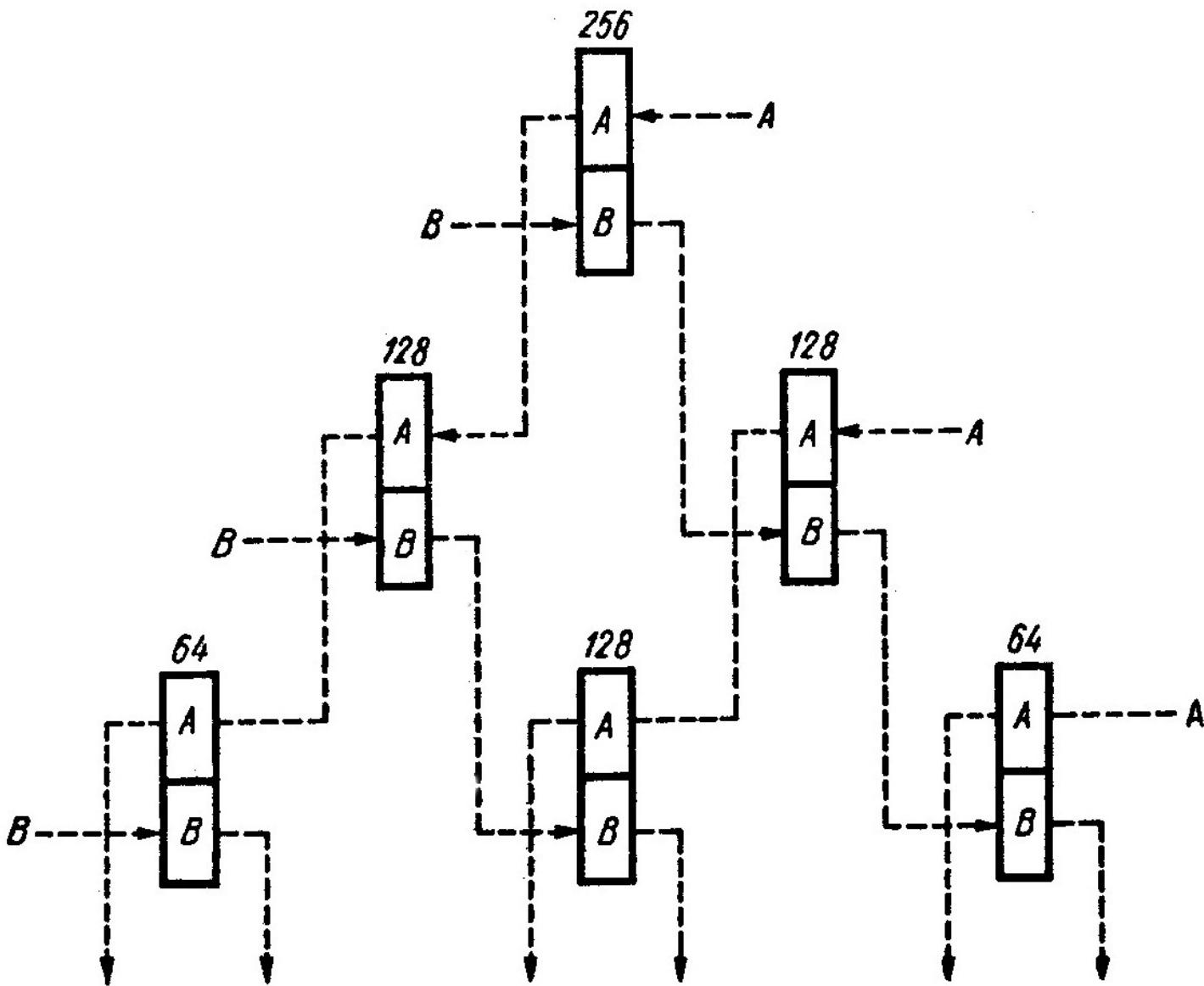
Variante ale extractiei fractionate:

- a - fara reflux;
 - b - cu reflux de extract de aceeasi compozitie;
 - c - cu reflux de rafinat de aceeasi compozitie;
 - d - cu reflux de extract de comp. diferita.

Extractia fractionata

- Se utilizeaza si ca metoda de purificare in laborator, sub forma de distributie in contracurent (distributia Craig):
 - amestecul de separat se introduce o singura data, in prima unitate, cand se contacteaza cu cei 2 solventi A si B;
 - dupa separarea fazelor:
 - extractul se contacteaza cu B proaspat
 - rafinatul se contacteaza cu A proaspat
 - se separa fazele si se repeta operatia cu fiecare din cele 2 rafinate si 2 extracte rezultate

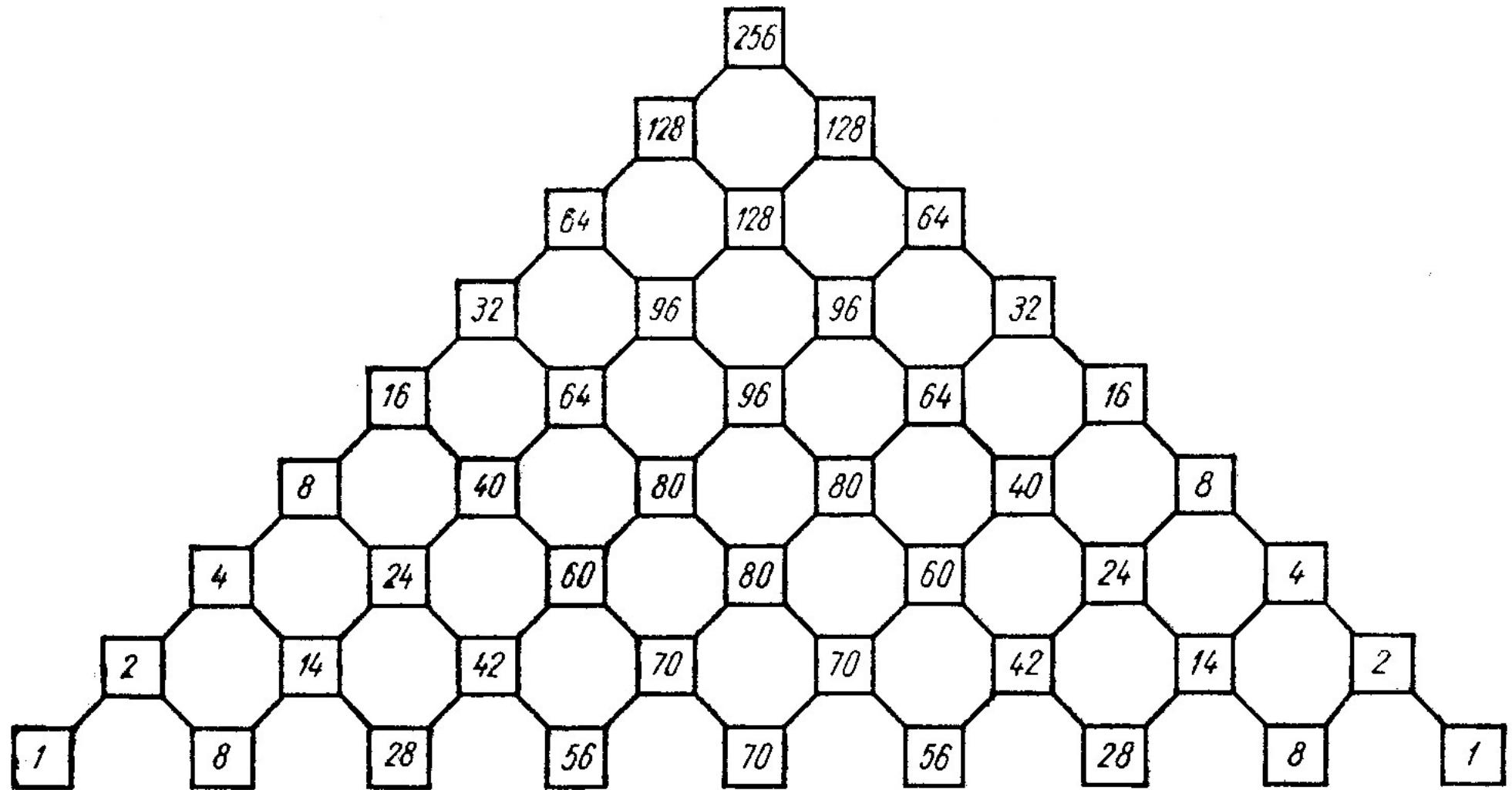
Extractia fractionata



Principiul distributiei Craig

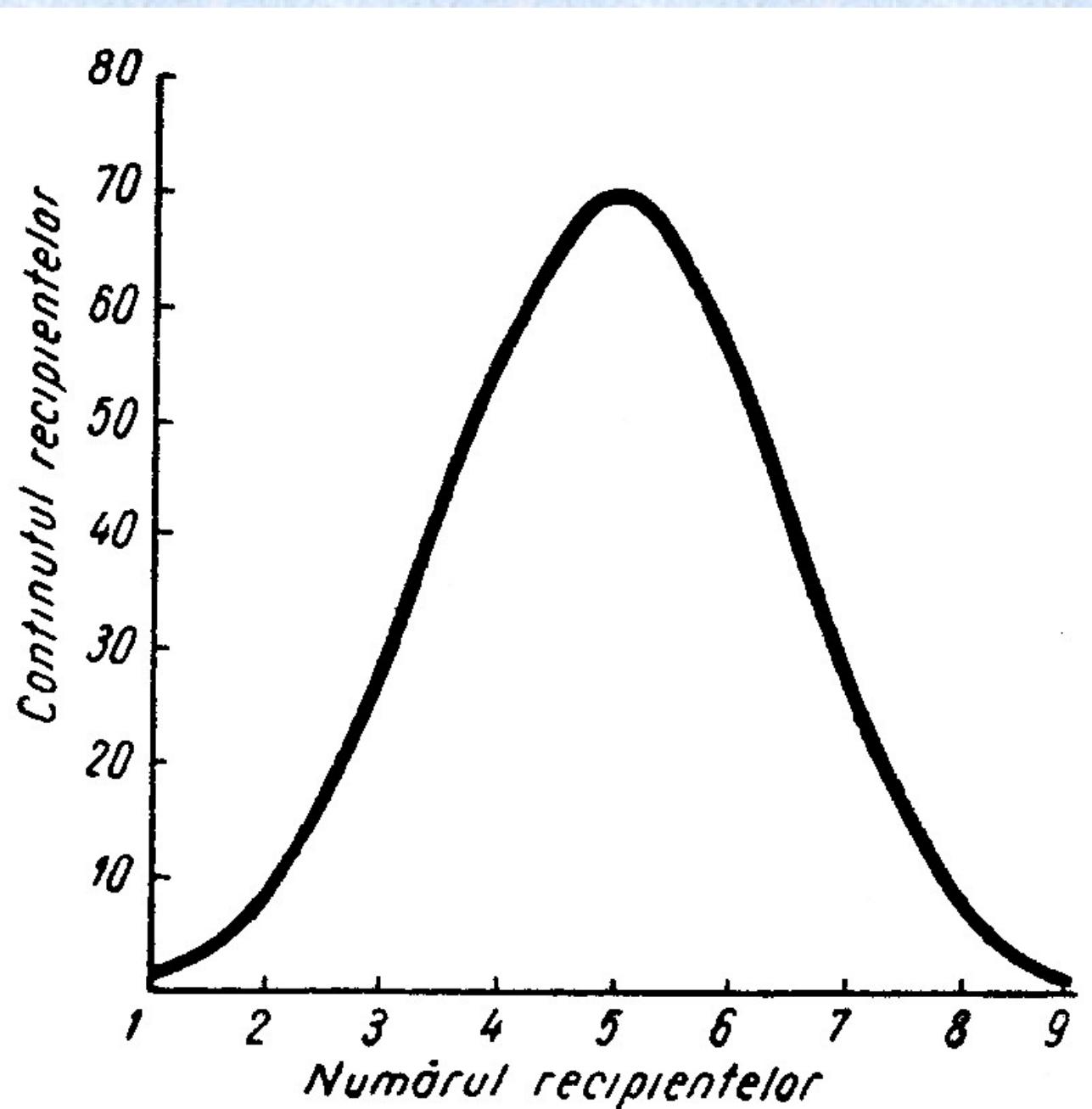
Extractia fractionata

Initial exista 256 g M care se repartizeaza in mod egal ($k_N = 1$) in A si B:



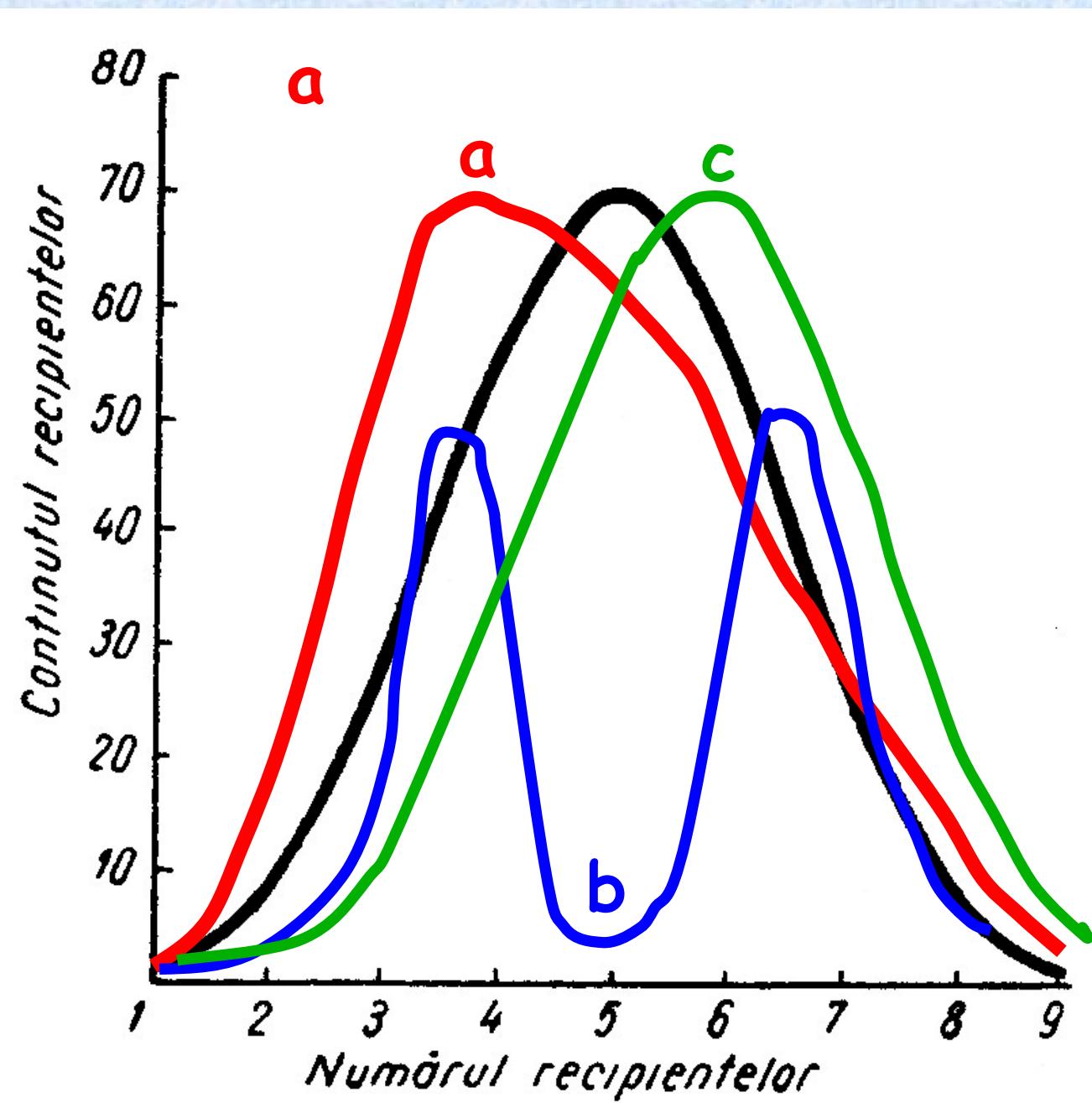
Extractia fractionata

- Reprezentand grafic continutul de M in fiecare recipient dupa 9 transvazari:



Extractia fractionata

- a. - substantă
contine impurități
- b. - amestec
bicompONENT
- c. - coeficient $k_N \neq 1$



Extractia fractionata

- Distributia Craig permite:
 - identificarea unor subst. pure, prin compartie cu curbe standard;
 - constatarea imurificarii unor substante;
 - recunoasterea existentei mai multor componenti;
 - separarea componentilor unui amestec.
- Se utilizeaza:
 - cand alte metode de separare nu pot fi folosite;
 - cand sensibilitatea altor metode este nesatisfacatoare.

Extractia fractionata

- Aplicatii in biotehnologii la separarea:
 - aminoacizilor;
 - hormonilor;
 - antibioticelor;
 - enzimelor;
 - medicamentelor;
 - proteinelor;
 - vitaminelor;
- Alte aplicatii la separarea:
 - alcaloizilor;
 - gudroanelor;
 - parfumurilor;
 - acizilor grasi;
 - extractelor animale;
 - pamanturilor rare;