

*étude d'un procédé d'extraction un  
mélange liquide-liquide en batch*

# *I.1. Généralités sur les opérations de séparation :*

## *I.1.1. Introduction*

- Les opérations de séparation des mélanges en leurs composants purs sont d'une grande importance industrielle.
- Elles ont rendu un grand service à l'humanité surtout dans l'industrie pétrochimique (fractionnement du pétrole).  
Ce sont des processus de transfert de masse qui réalisent leurs objectifs par la création de deux ou plusieurs zones coexistâtes qui diffèrent en température, en pression, en composition ou en état de phase.
- parmi ces opérations sont très répandues dans l'industrie, où elles jouent un rôle très important dans le transfert de matière. On distingue :

## *1.2L'extraction liquide-liquide :*

Basée sur le fait de la séparation d'un mélange liquide constitué de plusieurs composants en le traitant avec un autre liquide qu'on appelle dissolvant, une séparation basée sur la différence de solubilité dans le solvant des divers constituants. Les deux liquides constituent généralement une émulsion c'est-à-dire liquides non miscibles.

### **Définition :**

L'extraction liquide/liquide (ou LLE) est l'une des techniques de séparation d'échantillons les plus anciennes. Elle permet, par un procédé physique, de purifier ou d'extraire des classes de composés (ou solutés) de la matrice (ou éluant) dans lequel ils sont solubilisés. Le solvant d'extraction ne doit pas être miscible avec l'éluant tout en solubilisant le maximum de solutés.

▣ On distingue deux types d'extraction liquide-liquide:

- **L'extraction par échange d'ions**: la phase d'alimentation s'enrichit d'une espèce contenue dans le solvant pendant que le soluté passe dans le solvant. Elle repose sur une réaction chimique et l'échange de cations et anions.
- **L'extraction non-compensée**: simple transfert de molécules ou d'agrégats d'ions globalement neutres. L'extraction peut être faite avec un réactif solvatant, permettant un transfert résultant d'interactions chimiques fortes, ou non solvatant .

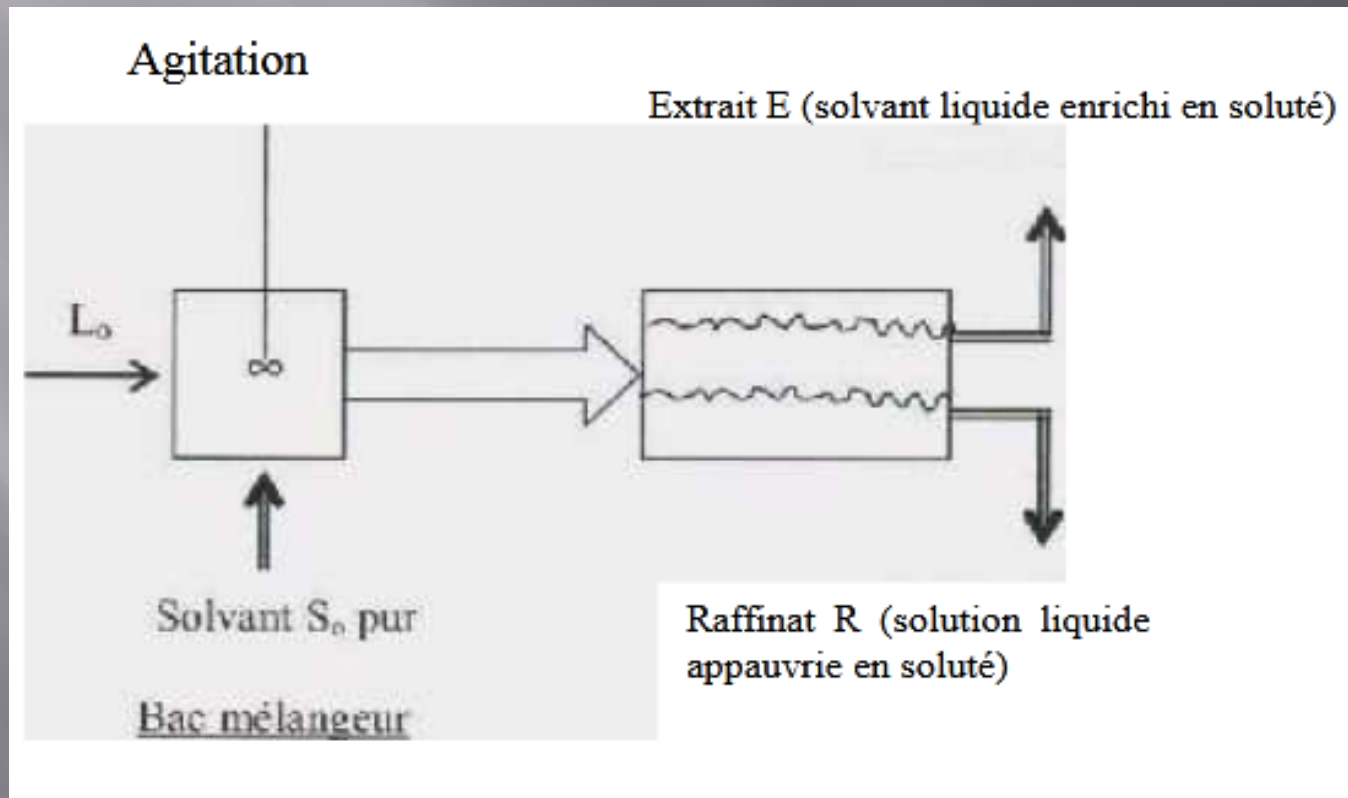
## *II.3. Principe de l'extraction liquide-liquide*

- ▣ C'est une opération fondamentale de transfert de matière entre deux phases liquides non miscibles. L'extraction liquide-liquide parfois appelée extraction par solvant consiste à transférer un ou plusieurs solutés contenus dans une solution liquide vers un autre liquide non miscible (le solvant). La concentration finale du soluté dans chaque phase dépend de sa solubilité dans les liquides mis en jeu. Le solvant s'enrichit en soluté et est alors appelé extrait, la solution de départ s'appauvrit en soluté, elle est alors appelée raffinat (R).

La solution initiale  $L_0$  et le solvant pur  $S_0$  sont mis en contact pour favoriser le transfert du soluté.

Généralement, la densité des deux phases liquides sortantes sont différentes et peuvent donc être séparées par décantation. Ces deux étapes sont réalisées dans un bac mélangeur-décanteur ,Ainsi l'extraction liquide-liquide est une opération de séparation qui fait intervenir le transfert de matière d'un soluté entre deux phases liquides totalement ou partiellement miscibles entre elles.

# Figure.1 : Schéma d'un bac mélangeur décanteur



# Différents types d'extraction

1. **Extraction simple** : On cherche à extraire un soluté contenu dans un mélange liquide homogène constitué de soluté et de diluant , On utilise pour cela une certaine quantité d'un solvant qui ne doit pas être miscible avec le diluant, mais être miscible avec le soluté. Les deux phases liquides charge + solvant sont mélangées intimement (mélange non homogène) et le soluté se distribue dans chacune des phases selon un équilibre physico-chimique.
  - Le mélange non homogène est alors décanté en deux phases non miscibles l'extrait, contenant majoritairement du solvant et le soluté extrait,
  - le raffinat contenant majoritairement du diluant, ainsi que le soluté non extrait.

# Shémas de principe d'une extraction simple

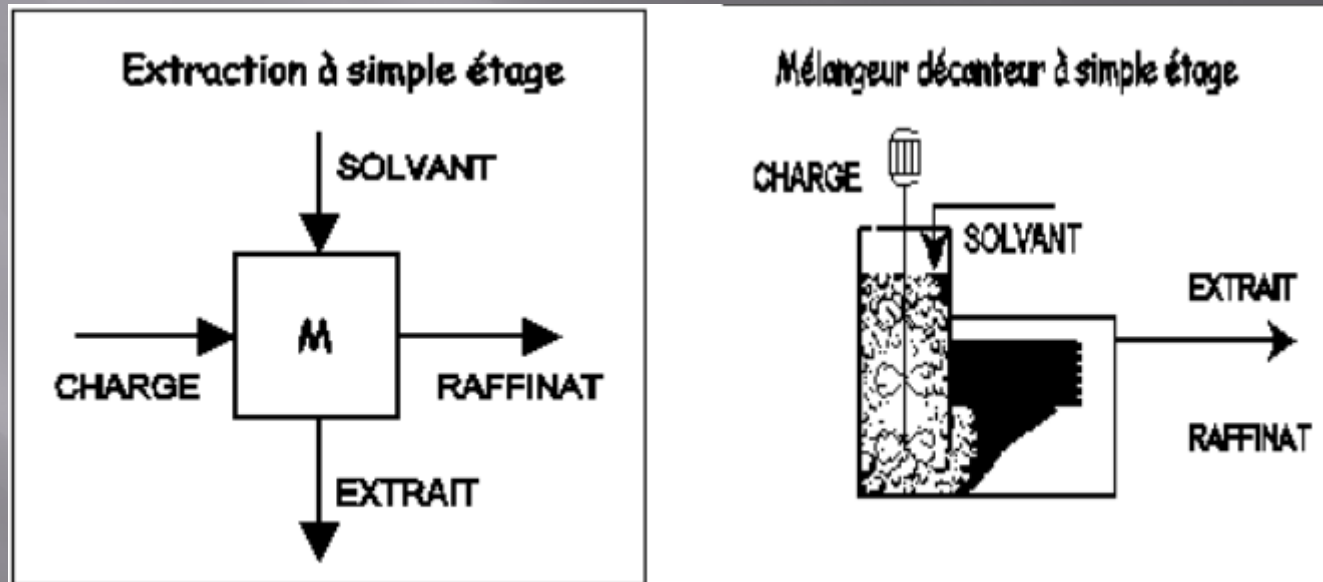
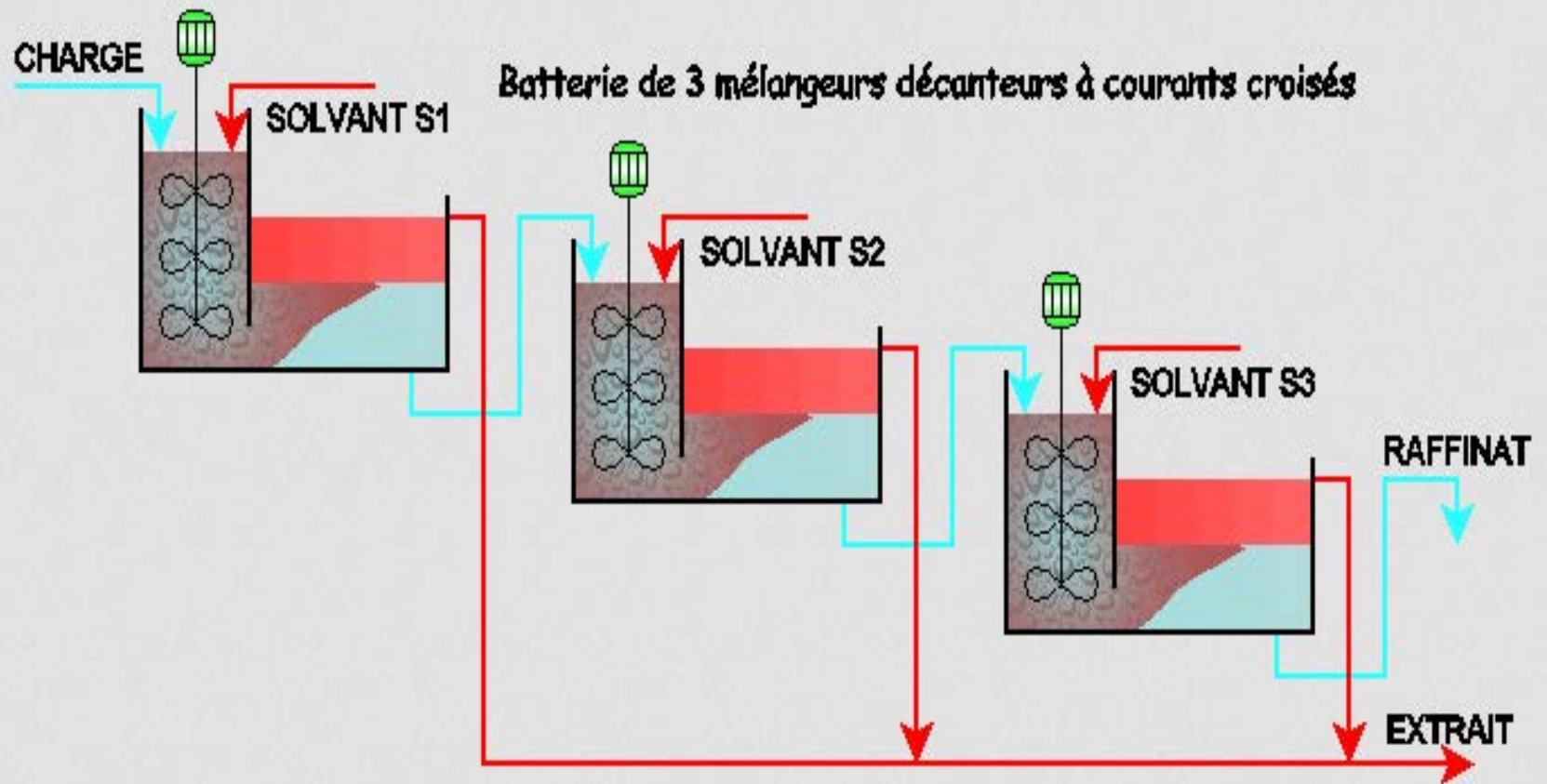


Figure II.2 : Schéma de principe d'une extraction simple.

# *Extraction multiple:*

## Extraction à courant croisés :

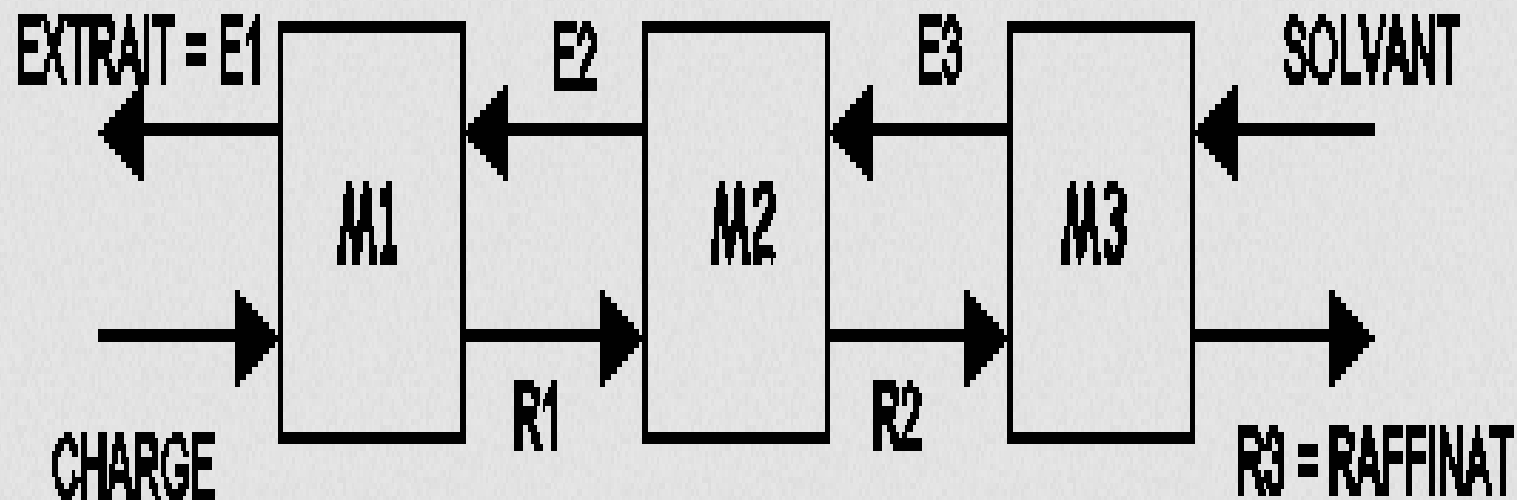
Dans une extraction à courant croisés (Figure II.3), ici à 3 étages, le solvant est (équitablement) réparti pour réaliser 3 extractions successives, la première sur la charge, la seconde sur le premier raffinat, la troisième sur le second raffinat. On obtient en fin d'opération un raffinat (ici R3) et 3 extraits à 3 compositions différentes, le premier étant le plus concentré en soluté, le dernier le moins concentré. Les extraits sont mélangés entre eux dans la majorité des cas. Cette méthode donne un meilleur rendement qu'une extraction à simple étage pour une même quantité de solvant S, ici égale à  $S_1 + S_2 + S_3$



## Extraction à contre-courant :

Dans une extraction à contre-courant, ici à 3 étages, on réalise 3 extractions successives en utilisant comme solvant l'extrait de l'étage suivant. On obtient en fin d'opération un raffinat (ici R3 sortant de l'étage n°3)) et un extrait (ici E1 sortant de l'étage n°1). On démontrera par la figure que cette méthode donne un meilleur rendement qu'une extraction à simple étage ou à courant croisé avec le même nombre d'étages et la même quantité de solvant.

## Extraction à 3 étages à contre-courant



## *Coefficient de partage ou de distribution:*

- La distribution, ou le partage d'un soluté entre les deux phases à l'équilibre est donnée par le coefficient de partage (ou de distribution, ou de répartition). Cette grandeur se définit comme le rapport des teneurs respectives en soluté dans l'extrait et le raffinat lorsque l'équilibre est réalisé.
- $K_c = y_A/x_A$   
 $y_A$  et  $x_A$  sont les titres en soluté dans l'extrait et le raffinat respectivement

# *Facteurs caractérisant la séparation par solvant :*

- Ils dépendent de l'équilibre thermodynamique entre les phases. Le solvant doit non seulement permettre la séparation des produits, mais aussi être utilisable aisément dans les extracteurs et son emploi doit être aussi économique que possible. Le solvant doit :
  - bien solvater le soluté (mieux que le diluant)
  - être bon marché
  - ne pas être (trop) toxique/corrosif/polluant...
  - être recyclable
  - être de densité différente de celle du diluant et peu miscible avec lui ...

## Sélectivité du solvant :

– Elle traduit la facilité que possède ce dernier à dissoudre un constituant de la charge préférentiellement à un autre

## Pouvoir solvant :

– Il exprime la quantité de produits que peut dissoudre le solvant.

## *Différence de masse volumique ( $\Delta\rho$ ) entre les solutions en contact :*

–Une grande différence de masse volumique favorise la décantation des solutions et par suite augmente la capacité des décanteurs.

## *Viscosité :*

–Un solvant de faible viscosité doit être choisi, si possible, afin d'éviter les entraînements de gouttelettes et d'obtenir de hauts débits de fonctionnement, c'est-à-dire une capacité élevée de l'extracteur.

## *Tension interfaciale.*

–Une faible tension interfaciale favorise la réalisation d'une grande surface de contact entre les phases, mais gêne la décantation de l'émulsion.

## *Facteurs économiques :*

–Le solvant ne doit pas être: coûteux, toxique, corrosif, instable. Il doit posséder un haut point d'inflammabilité et un bas point de congélation pour être employé facilement.

# Conclusion :

L'extraction liquide-liquide est une technique de séparation largement utilisée à l'échelle industrielle, dans des domaines aussi variés que l'hydrométallurgie classique, l'industrie nucléaire, la pétrochimie, l'industrie pharmaceutique ou encore l'industrie agroalimentaire.

– Actuellement, ce procédé de séparation des constituants d'un mélange ou de concentration est tout particulièrement utilisé lorsque les conditions technologiques ou physico-chimiques lui sont favorables, comme c'est le cas pour :

- La séparation des composés à température d'ébullition voisine (séparation de certains hydrocarbures aromatiques et aliphatiques).
- La séparation d'azéotropes eau-acides minéraux.
- La séparation de composés thermosensibles ou instables (obtention des antibiotiques).

▣ *merci pour votre attention*