
SisClever: Simultaneous separation of multi- component systems to high level of recovery

SFGP 2024, Deauville

16/10/2024

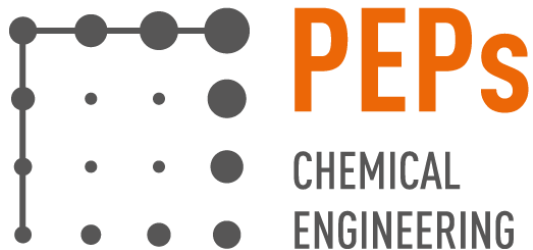
Marc Philippart de Foy, Ezgi Uslu, Andreas Pfennig

Products, Environment, and Processes (PEPs)

Department of Chemical Engineering

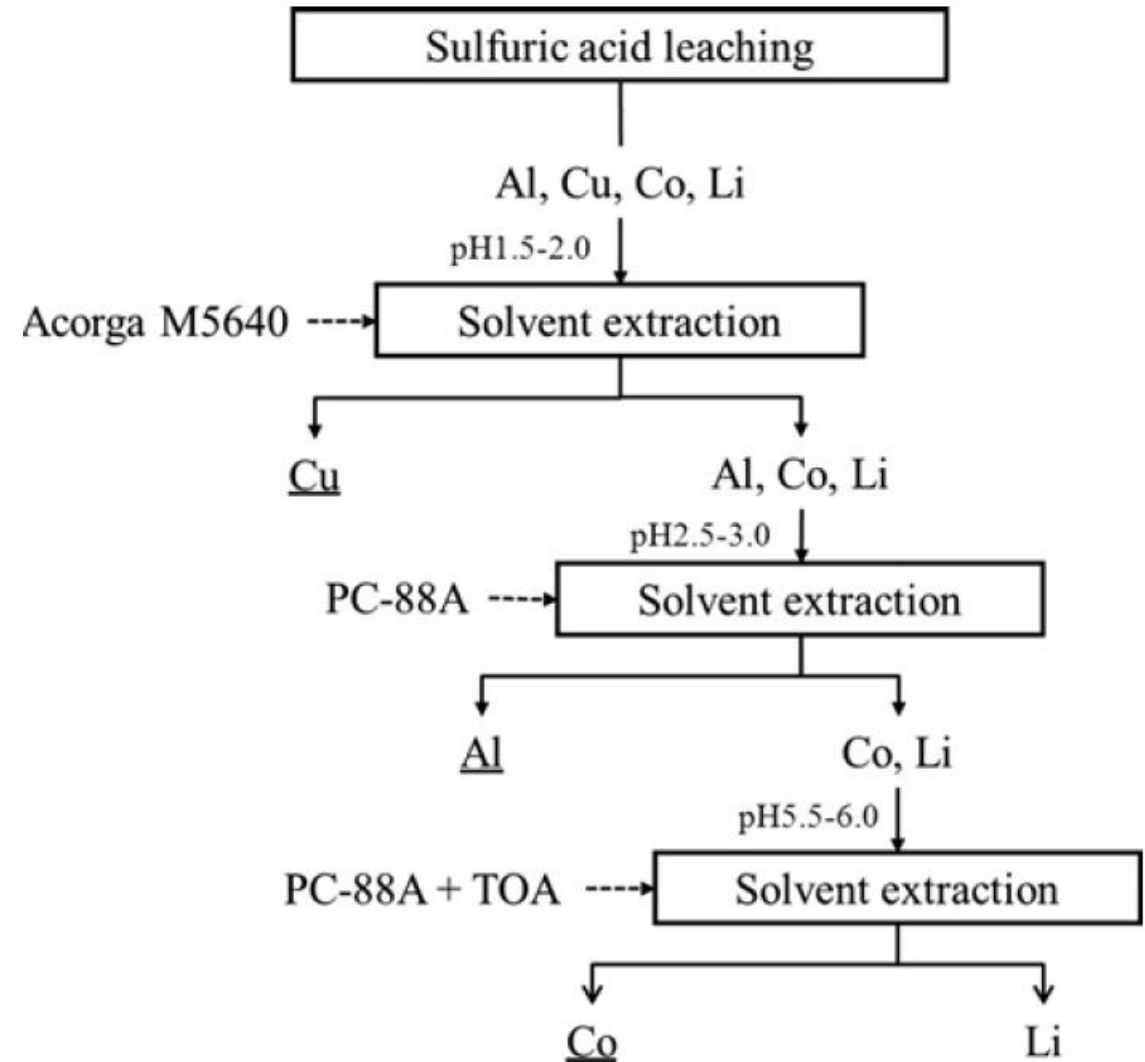
Université de Liège

www.chemeng.uliege.be/pfennig



motivation

- séparation de métaux dissous en phase aqueuse
- plusieurs opérations unitaires
- différents extractants

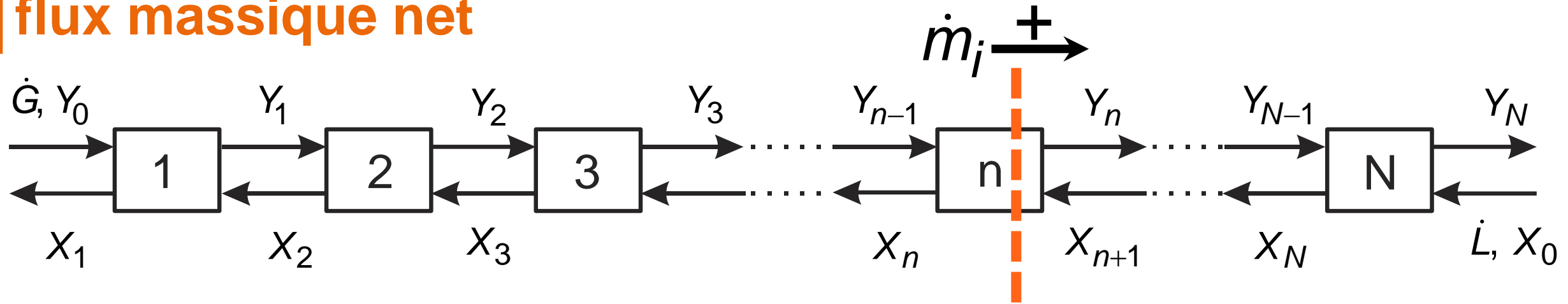


Suzuki, T., Nakamura T., Inoue, Y., Niinae, M., Shibata, J., 2012: A hydrometallurgical process for the separation of aluminum, cobalt, copper and lithium in acidic sulfate media. *Separation and purification technology*, 98, 396-401.

idée du procédé

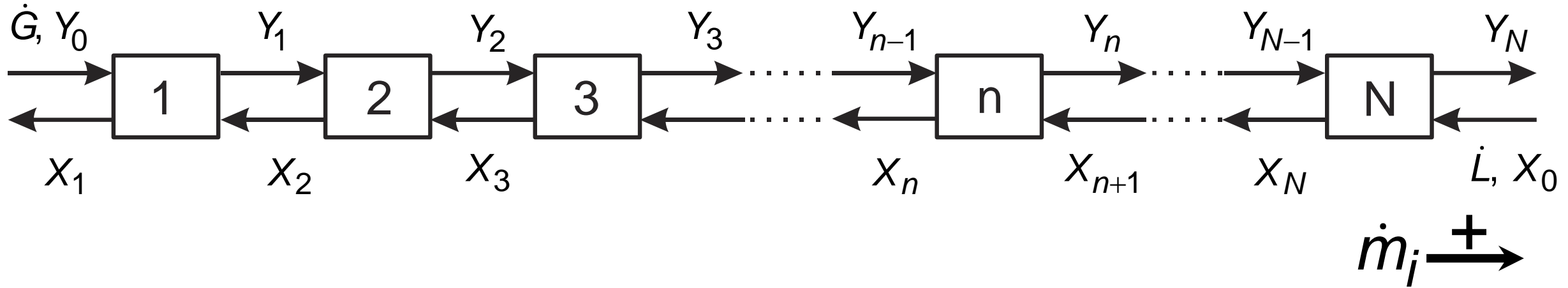
- **objectif:** un seul procédé pour séparer un mélange de **plusieurs composés** en **différents flux de produits** qui ont une **pureté arbitraire** et une **grande concentration**
→ **SisClever process**
- **idée:** créer des **zones d'accumulations**, une zone par composé, en contrôlant les **coefficients de partition**

flux massique net



- flux massique net : $\dot{m}_i = \dot{G}Y_i - \dot{L}X_i$
 - coefficient de partition : $K_i = \frac{Y_i}{X_i}$
 - facteur d'extraction : $\lambda_i = \frac{\dot{G}Y_i}{\dot{L}X_i} = \frac{\dot{G}}{\dot{L}}K_i$
- $\dot{m}_i = \dot{L}X_i (\lambda_i - 1)$

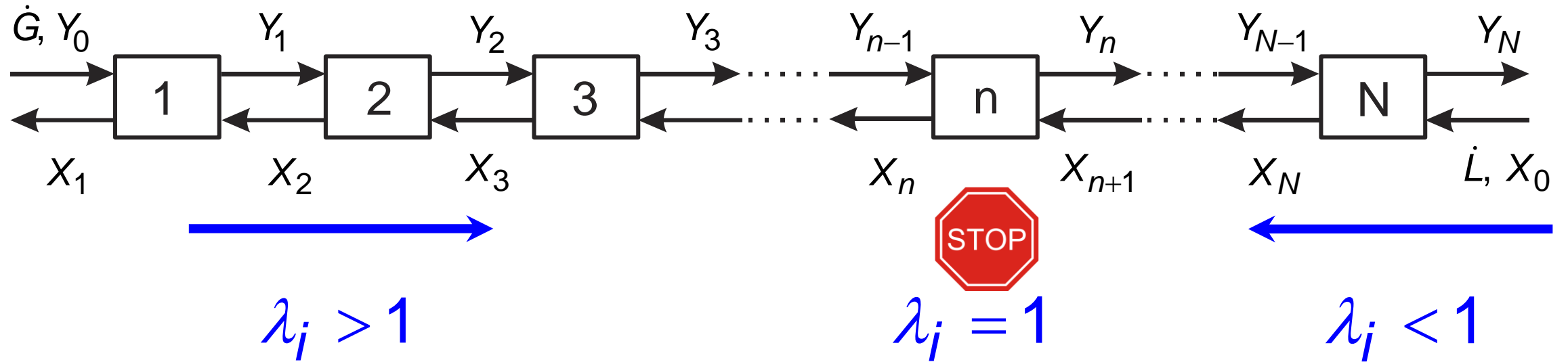
flux massique net



- la direction du flux dépend de λ_i

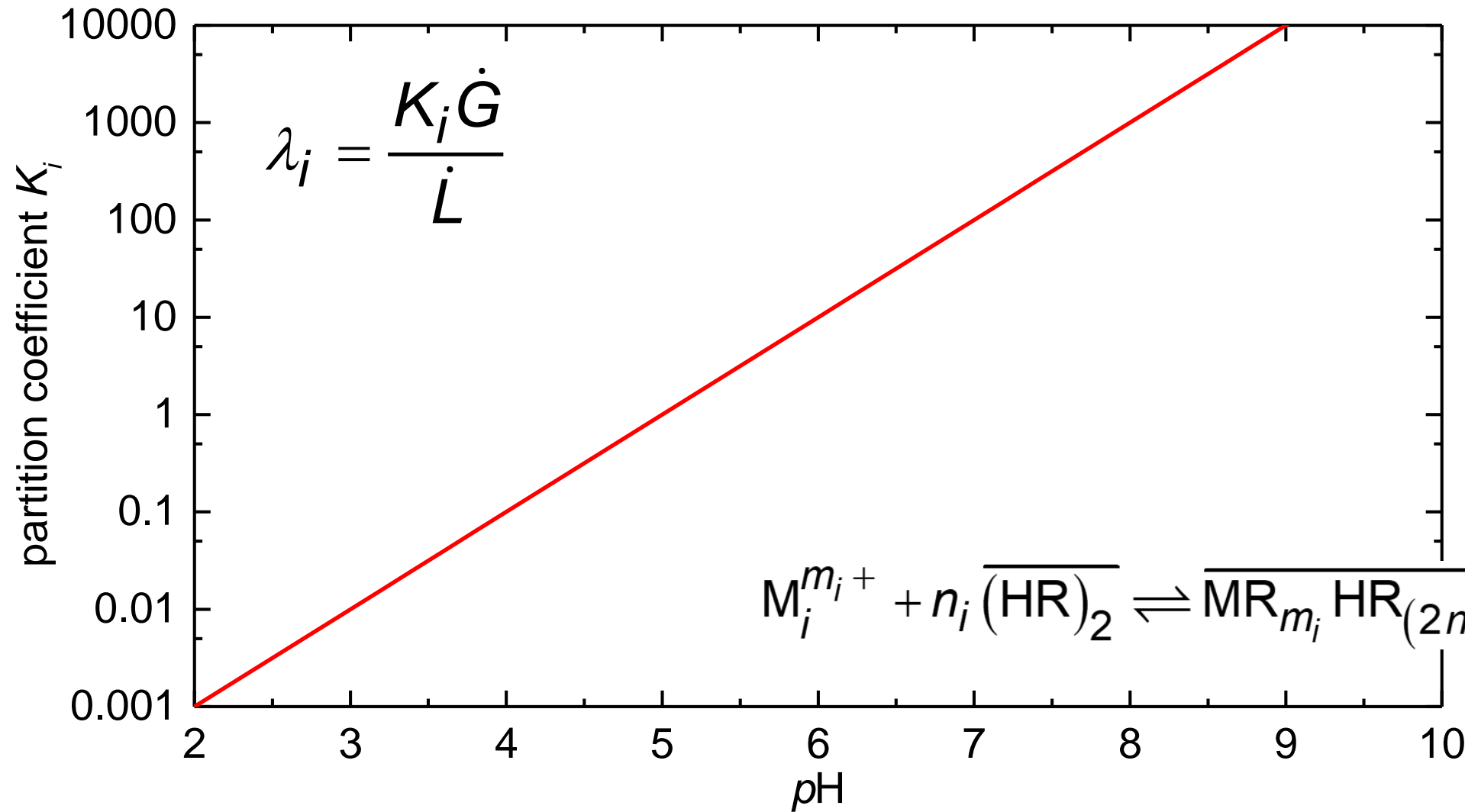
$$\dot{m}_i = \dot{L}X_i (\lambda_i - 1) \Rightarrow \dot{m}_i \begin{cases} > 0 \text{ for } (\lambda_i - 1) > 0, & \lambda_i > 1 \rightarrow \\ = 0 \text{ for } (\lambda_i - 1) = 0, & \lambda_i = 1 \text{ STOP} \\ < 0 \text{ for } (\lambda_i - 1) < 0, & \lambda_i < 1 \leftarrow \end{cases}$$

procédé à contre-courant

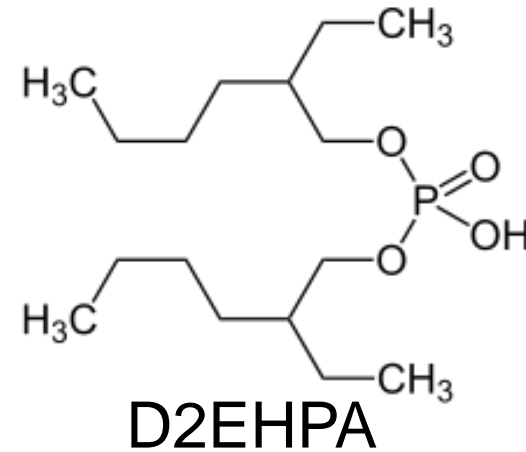


$$\lambda_i = K_i \frac{\dot{G}}{\dot{L}}$$

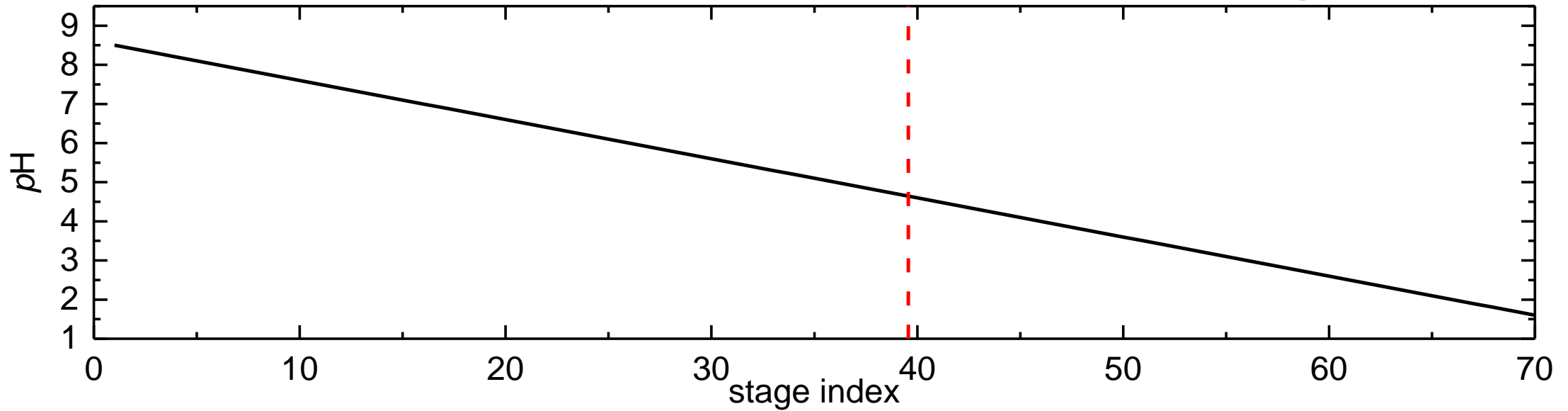
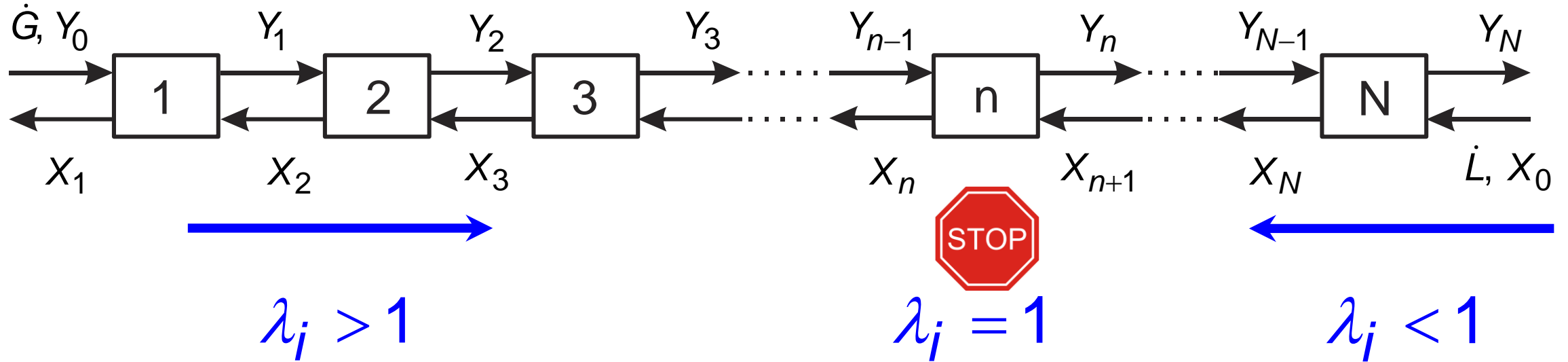
coefficient de partition vs. pH en extraction réactive



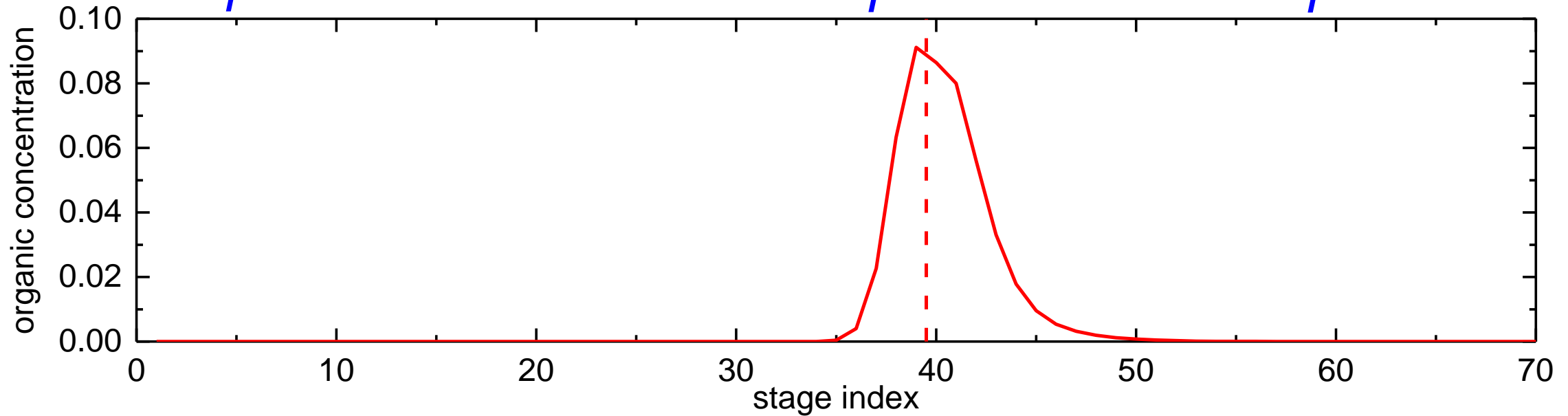
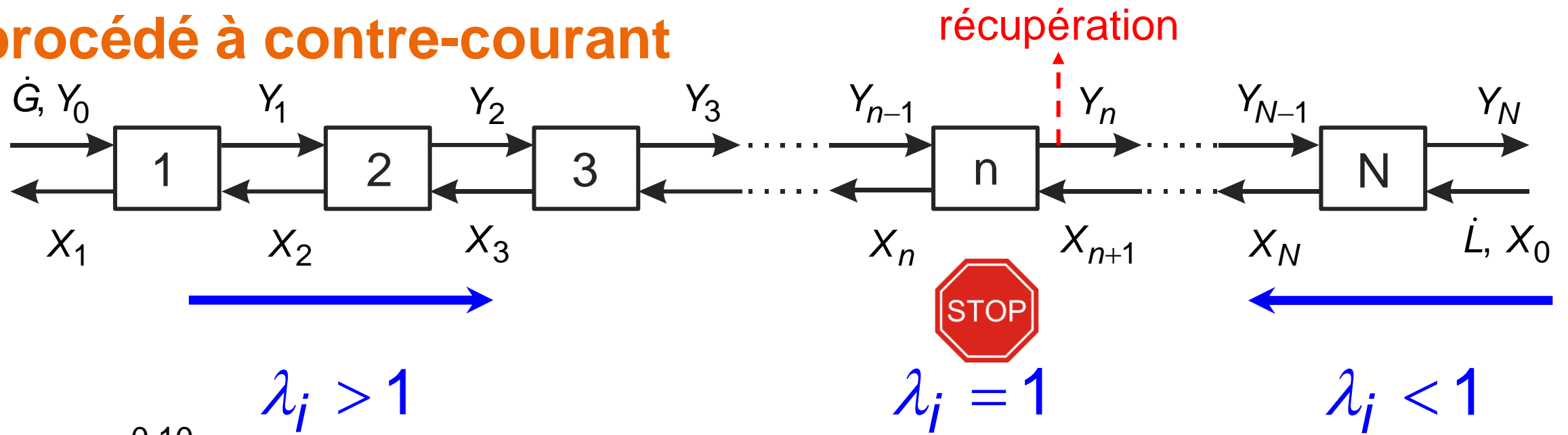
échange d'ion
liquide-liquide



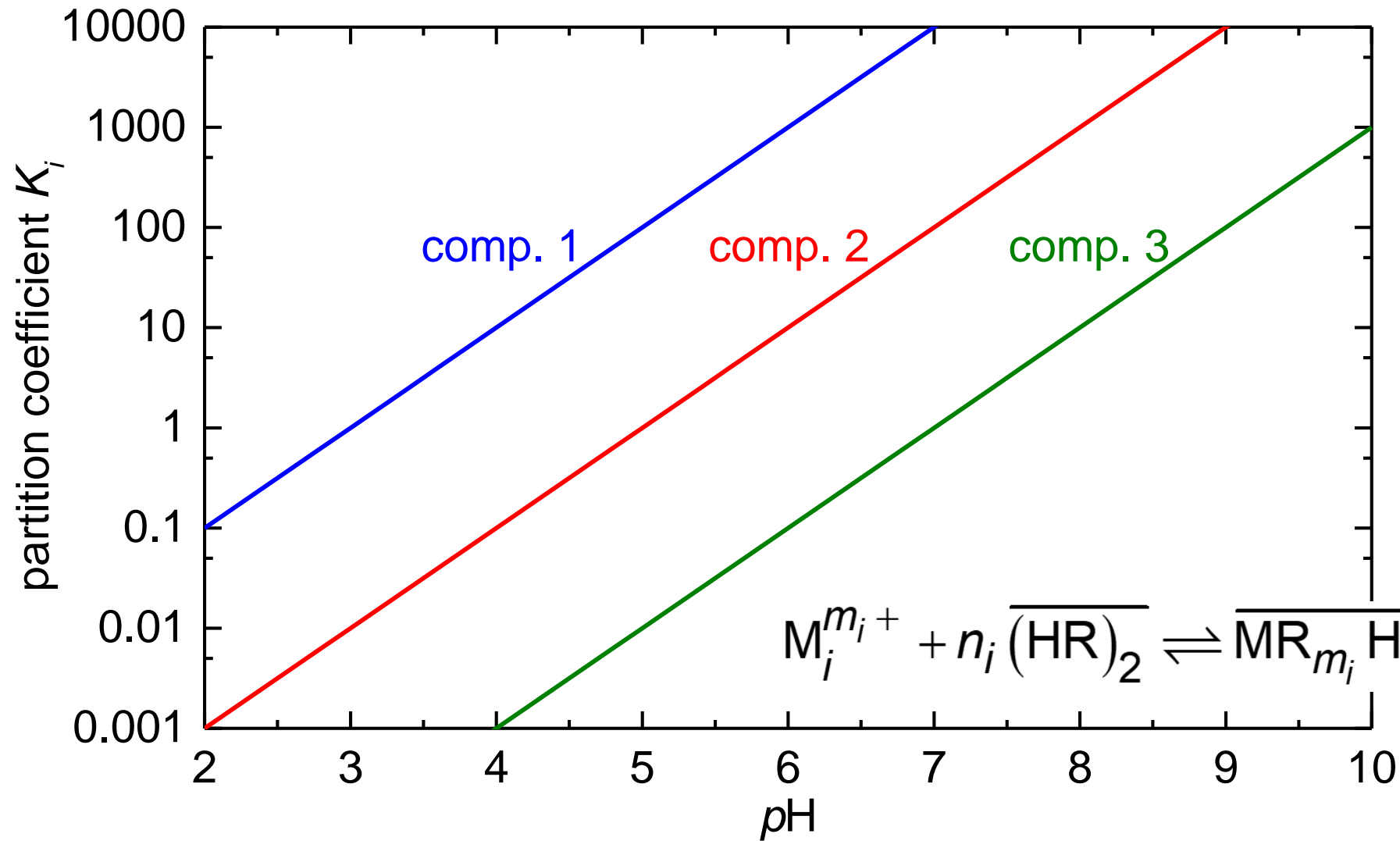
procédé à contre-courant



procédé à contre-courant



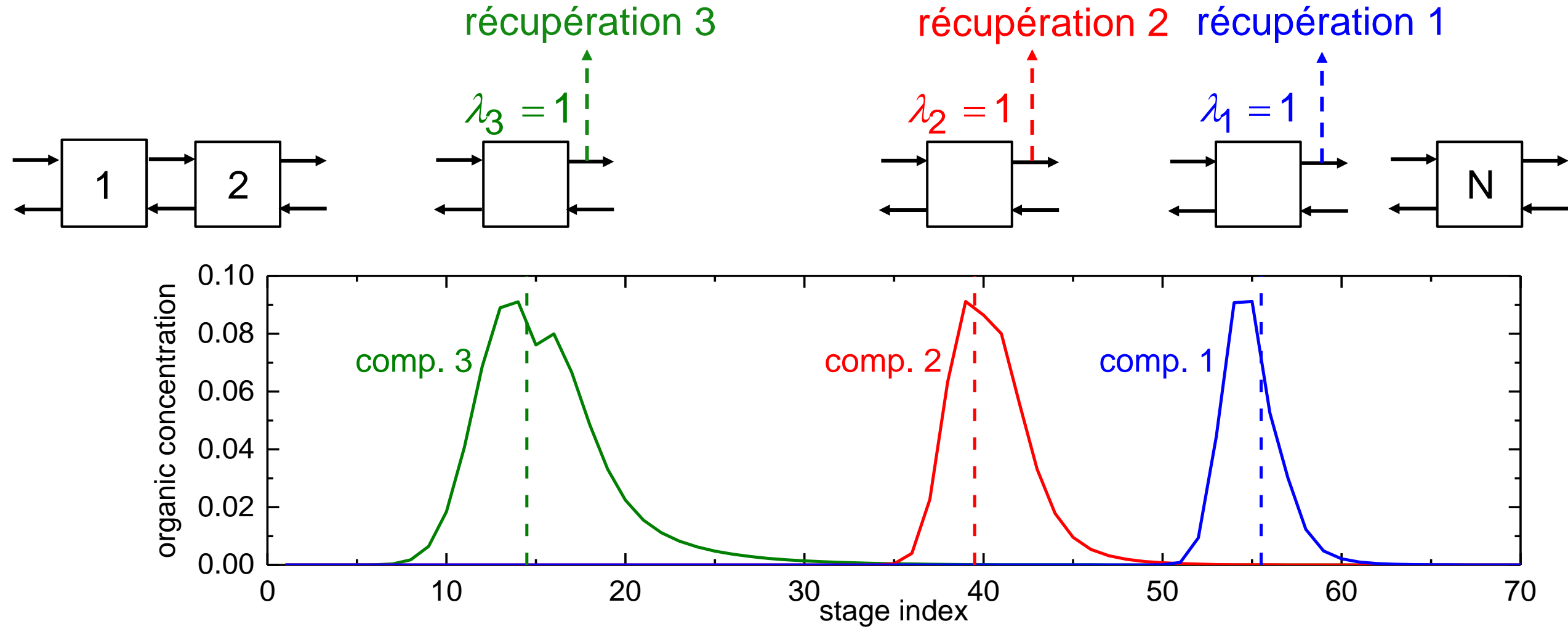
coefficient de partition vs. pH en extraction réactive



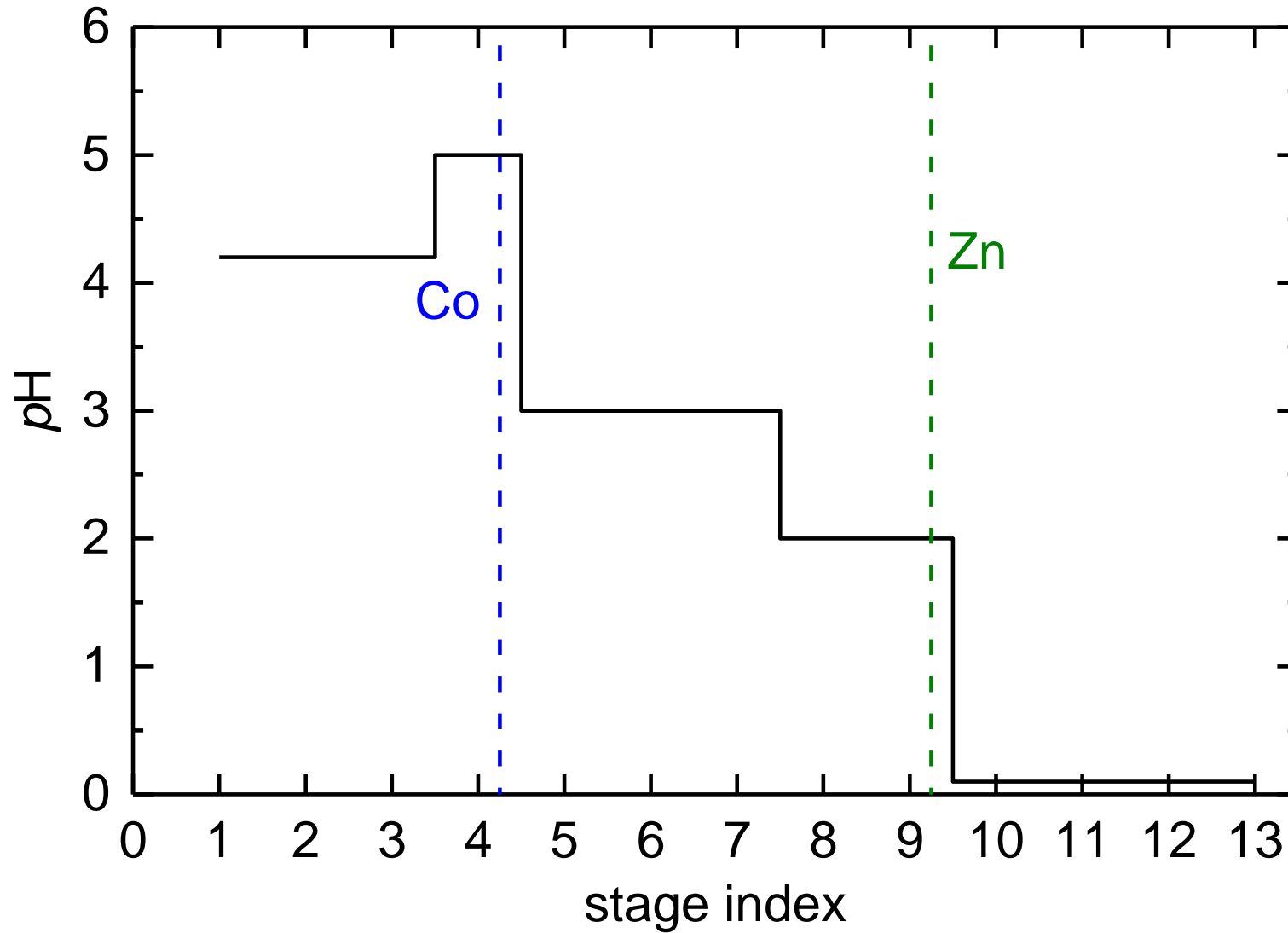
$$\lambda_i = \frac{K_i \dot{G}}{\dot{L}}$$



procédé à contre-courant



profil de pH optimal



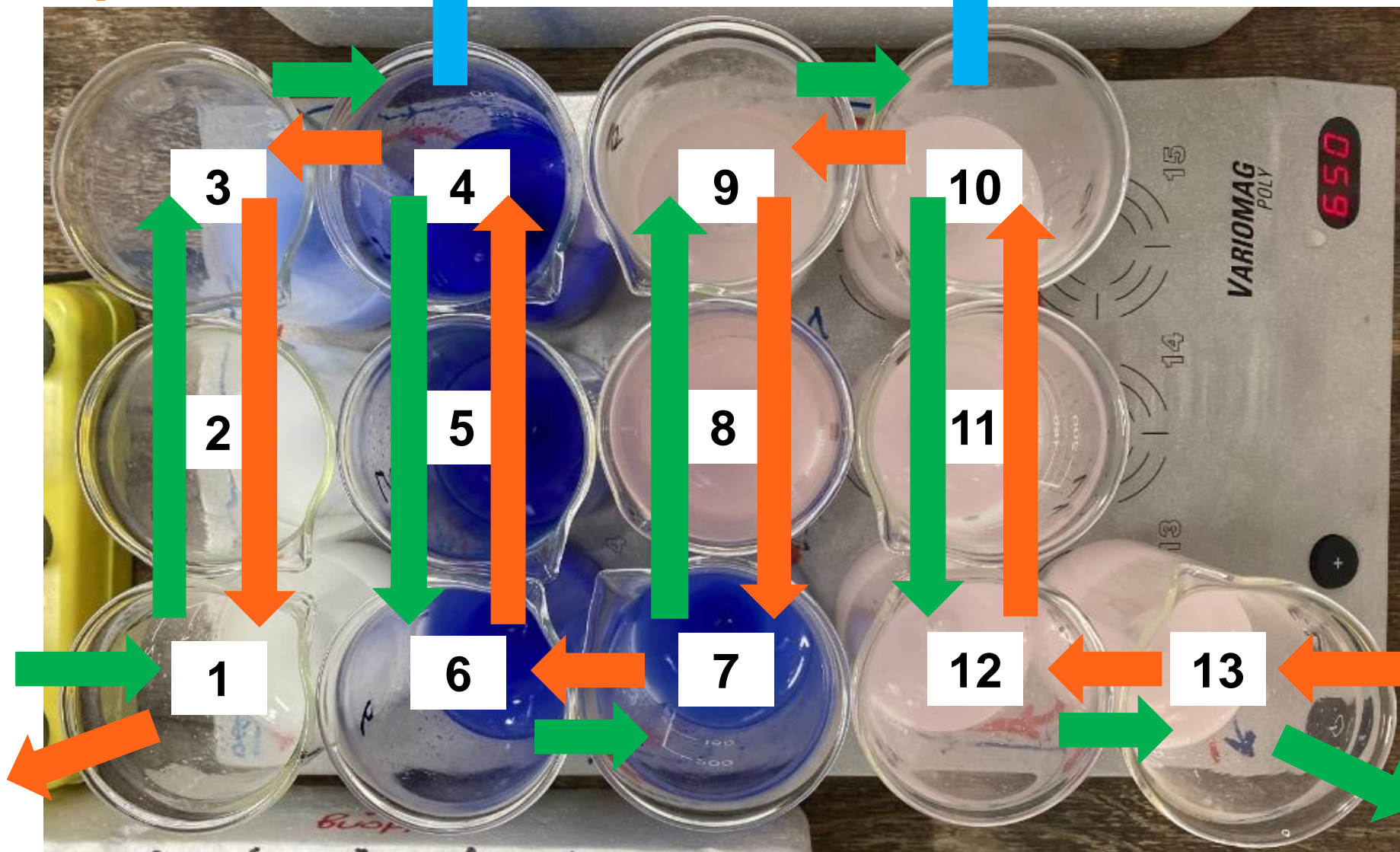
dispositif expérimental

récupération Co

récupération Zn

flux aqueux
flux organique
récupération
organique

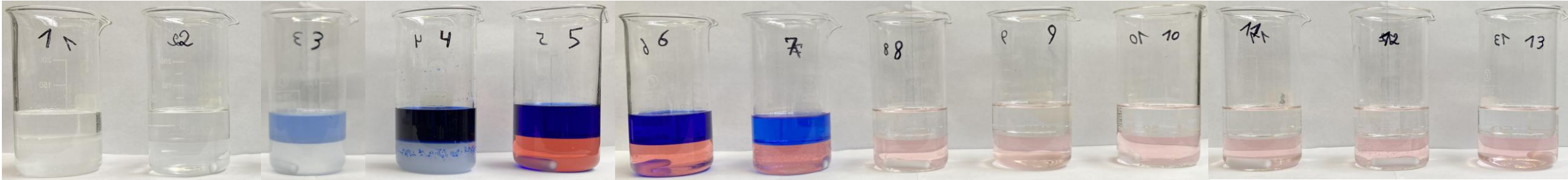
entrée
organique



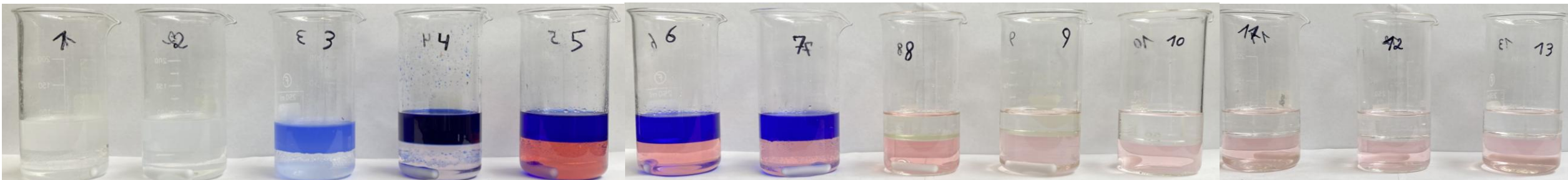
entrée
aqueuse

résultats expérimentaux

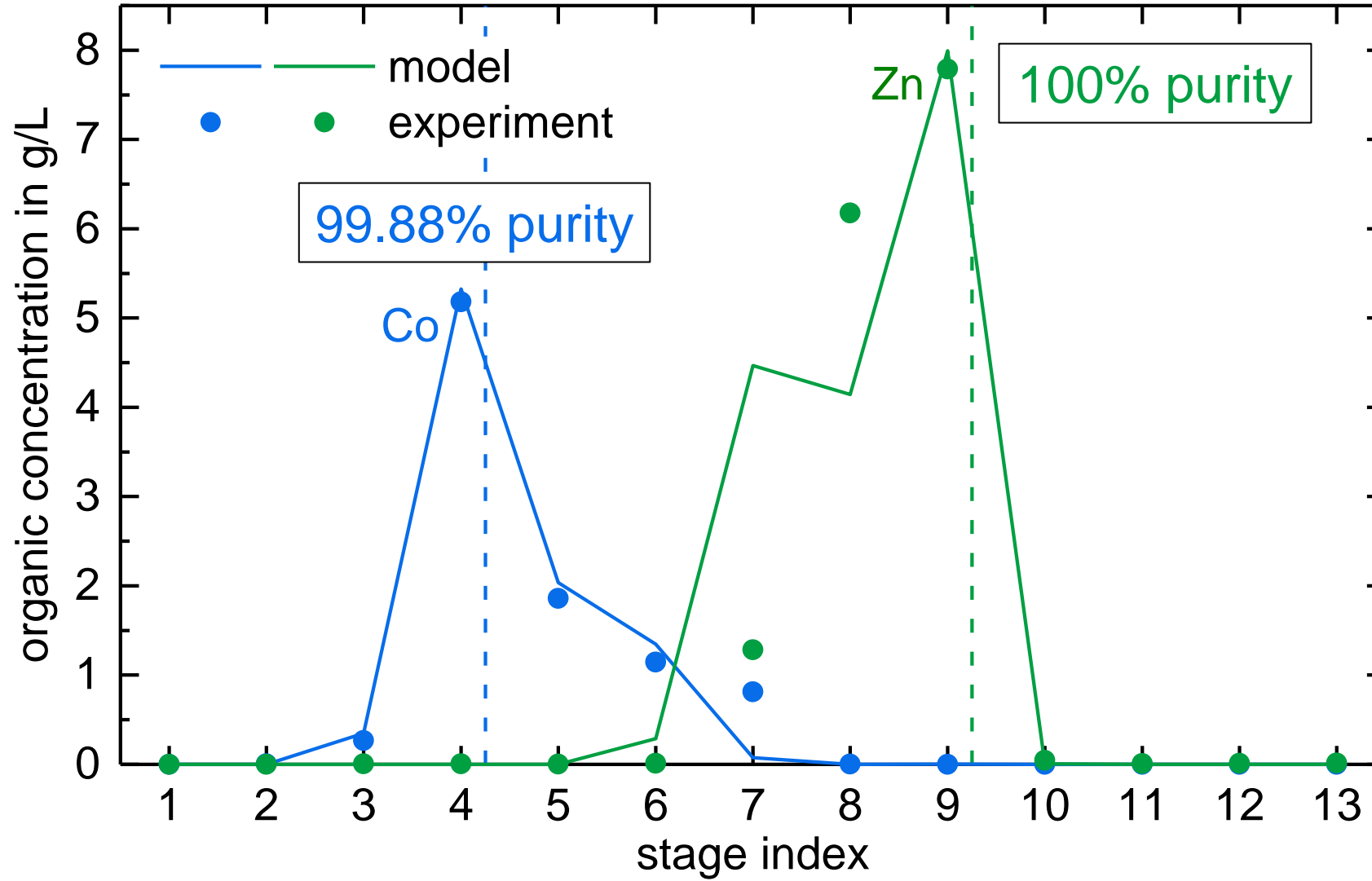
■ avant de débuter



■ après 5 temps de résidence



résultats expérimentaux



concentrations
d'entrée:
 Co^{2+} : 0,53 g/L
 Zn^{2+} : 0,80 g/L

équations de design

- flux d'entrée & de récupération,
concentration d'entrée \Rightarrow concentration de récupération
- variation globale de pH \Rightarrow consommation de base
- dérivation de Tiller-Tour \Rightarrow nombre d'étapes entre deux points
de récupération

résumé

- **SisClever process:**
simultaneous separation of **multiple components** to a high level of recovery in a **single process**, resulting in **high concentration** and **high purity**
- **zones d'accumulations**, une par composé, en contrôlant les **coefficients de partition**

avantages compétitifs

- **concentration élevée & pureté élevée**
- valorisation de **composés dilués** dans un mélange de **concentrations disparates**
- procédé **flexible**
- **flux** principaux à contre-courrant **constants**
- **coûts** \leq procédés conventionnels

conclusions

- **simulations** du procédé, **validation expérimentale**
- **équations de design** simples
- brevet PCT/EP2024/069959
- exemples d'applications
 - batteries Li-ion
 - aimants de neodymium
 - déchets électroniques
 - bouillon de fermentation
- **idée générale** pour tout procédé de deux phases à contre-courant où le **contrôle des K_i** est possible

SisClever: Simultaneous separation of multi- component systems to high level of recovery

SFGP 2024, Deauville

16/10/2024

Marc Philippart de Foy, Ezgi Uslu, Andreas Pfennig

Products, Environment, and Processes (PEPs)

Department of Chemical Engineering

Université de Liège

www.chemeng.uliege.be/pfennig

