

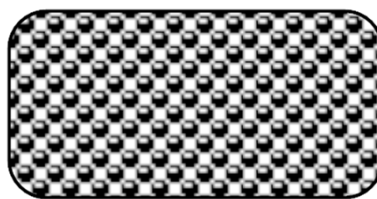


# Exploitation des procédés

## Section 1.5

# Modélisation des procédés chimiques

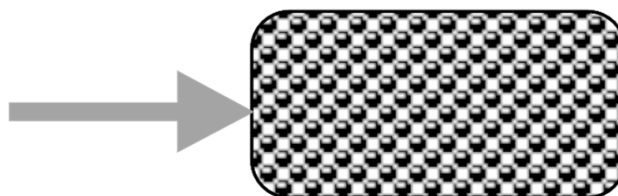
- Dans un procédé chimique, il y a **transformation** de la matière;
- Le procédé est réalisé dans un ***réacteur***, l'espace physique dans lequel la transformation prend place
  - Par exemple : une cuve, une section de conduite, un bassin, un réservoir, une chambre de combustion, etc.
  - Il peut y avoir plusieurs réacteurs (en série, en parallèle)



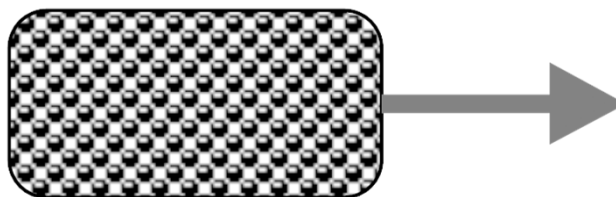
Réacteur

# Réactifs et produits

- Les substances qui **entrent** dans le réacteur sont les *réactifs*



- Les substances qui **sortent** du réacteur sont les *produits*

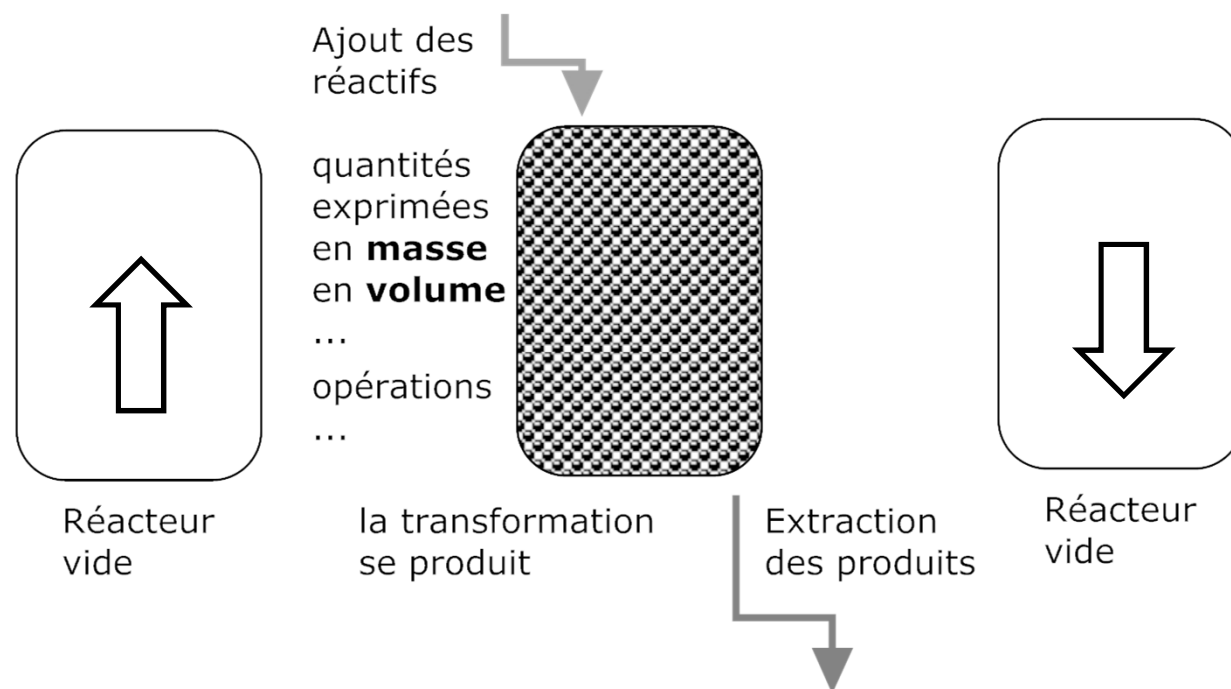




# Le procédé en cuvée

- Le procédé est exploité séquentiellement : une série d'opérations, comme l'ajout des réactifs, sont réalisées dans un ordre défini;
  - Les réactifs sont mesurés
    - En **volume** ( $\text{m}^3$ )
    - En **masse** (kg)
- À la fin de la séquence, les produits sont extraits du réacteur (qui est maintenant vidé), et on peut reprendre la séquence depuis le début.

# Schéma du procédé en cuvée



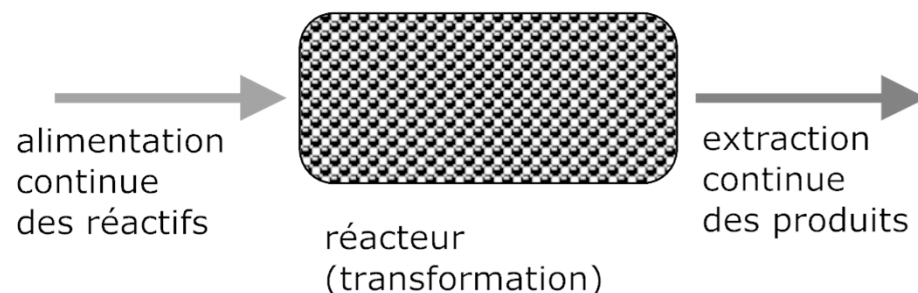
- Séquence d'opérations :
  - Ajouter une quantité d'un réactif
  - Mélanger
  - Chauffer (jusqu'à une certaine température)
  - Attendre (un certain temps)
  - Laisser refroidir (jusqu'à une certaine température)
  - ...
  - Extraire les produits



# Le procédé en continu

- L'alimentation des réactifs vers le réacteur est ininterrompue :
  - Liquide s'écoulant d'une vanne (robinet)
  - Solide en poudre s'écoulant d'une trémie
  - Solide granulaire convoyé sur un tapis roulant
  - ...
- La transformation se fait dans le réacteur pendant que les substances y séjournent
- Les produits sont soutirés en continu

# Schéma du procédé en continu



- Pour décrire l'alimentation et l'extraction continues, on recourt à de nouvelles grandeurs physiques qui mettent en relation les quantités et le **temps** :

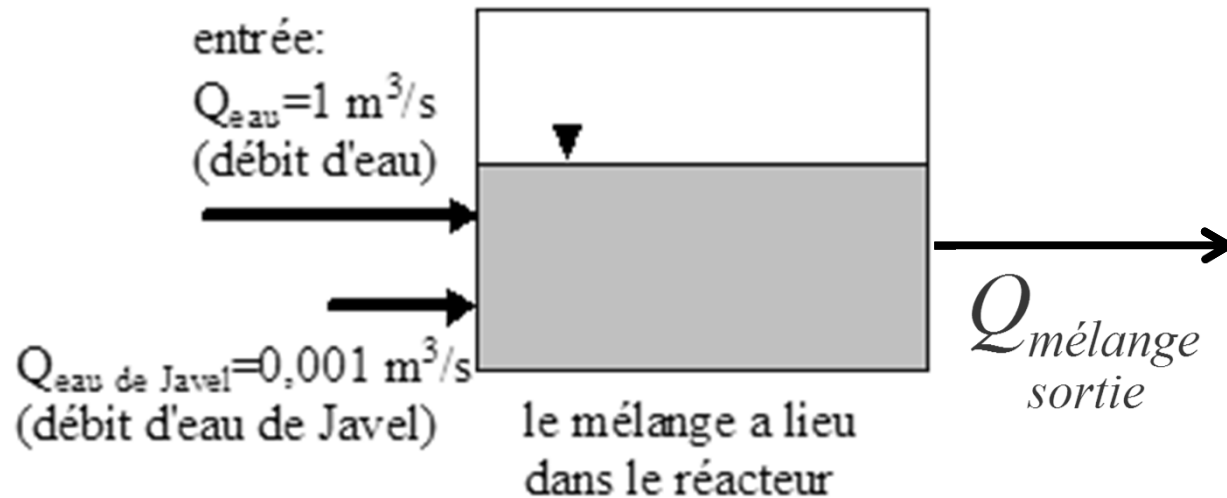
Les *débits*

# Définitions

- Débit volumique :  $Q = \frac{\text{volume}}{\text{temps}}$  ; unités  $\frac{m^3}{s}$
- Débit massique :  $\dot{m} = \frac{\text{masse}}{\text{temps}}$  ; unités  $\frac{kg}{s}$
- On utilise souvent d'autres unités de temps (heures  $h$ , jours  $d$ , minutes  $min$ ).



# Exemple : chloration de l'eau potable



# Condition d'écoulement stationnaire

- La manière la plus simple d'exploiter un procédé en continu est sous condition d'écoulement stationnaire
  - Il n'y a pas de variation de l'emmagasinement dans le réacteur
- Puisque la masse se conserve lors de transformations chimiques, cette condition s'exprime mathématiquement par :

$$\sum_{entrant} \dot{m} = \sum_{sortant} \dot{m}$$

- L'exploitant régule les paramètres (pompes, ouvertures de vannes, etc.) de telle sorte que cette condition soit respectée.

# Cas particulier : les réactifs et produits des liquides

- Lorsque réactifs et produits sont à l'état liquide et à masse volumique constante, on peut écrire la condition d'écoulement stationnaire avec les débits volumiques :

$$\sum_{entrant} Q = \sum_{sortant} Q$$

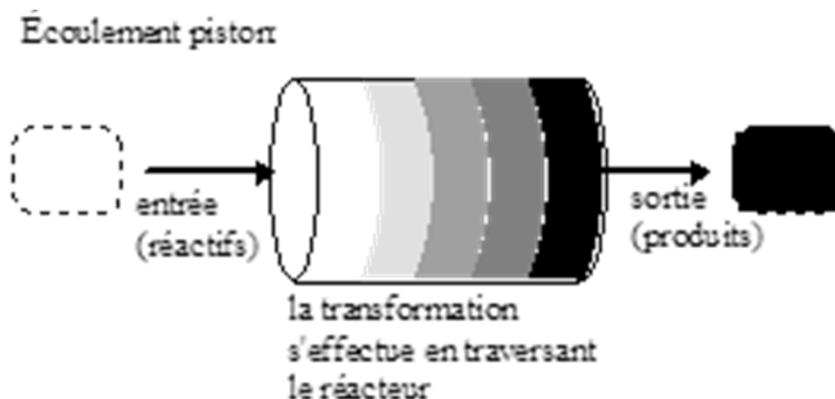
- *On n'utilise pas cette formulation pour les solides (poudres, grains), ni les gaz. Dans ces cas, il faut utiliser l'expression générale utilisant les débits massiques.*



# Hypothèses de modélisation

- On cherche à modéliser la transformation qui a lieu à l'intérieur du réacteur.
- Pour modéliser (mathématiquement) un procédé chimique, on pose en général des hypothèses pour décrire ce qui se passe.
- Deux hypothèses courantes :
  - L'écoulement **piston**;
  - Le réacteur **complètement mélangé**.

# L'écoulement piston



- Les réactifs entrent à une extrémité et cheminent à travers le réacteur jusqu'à l'extrémité opposée;
- Plus on s'éloigne de l'entrée, on se rapproche de la sortie, plus la transformation est avancée;
- La composition dans le réacteur est différente selon l'endroit.

# Le réacteur complètement mélangé

- Lorsque les réactifs entrent dans le réacteur, ils sont complètement dispersés dans l'ensemble du volume du réacteur;
- La composition est homogène dans le réacteur;
- La composition dans le réacteur est celle des produits soutirés.

