

Chapitre I. Bases de l'intensification des procédés

I.1. Définitions

Intensification = Faire plus avec moins

L'intensification des procédés consiste à développer des nouveaux équipements ou des nouvelles techniques qui, comparées aux techniques couramment utilisées aujourd'hui, permettront de diminuer de façon conséquente le rapport taille des équipements/capacité de production, la consommation d'énergie et la formation de produits indésirables de façon à aboutir à une technologie plus sûre et moins coûteuse. Ainsi les buts de l'intensification des procédés sont :

1. diminution du coût des équipements et d'opération
2. amélioration de la sécurité des équipements
3. augmentation de la productivité
4. diminution de la consommation énergétique
5. préservation de l'environnement en diminuant la formation des sous-produits des réactions.



Procédé conventionnel (gauche) vs procédé intensifié (droite) (source DSM)

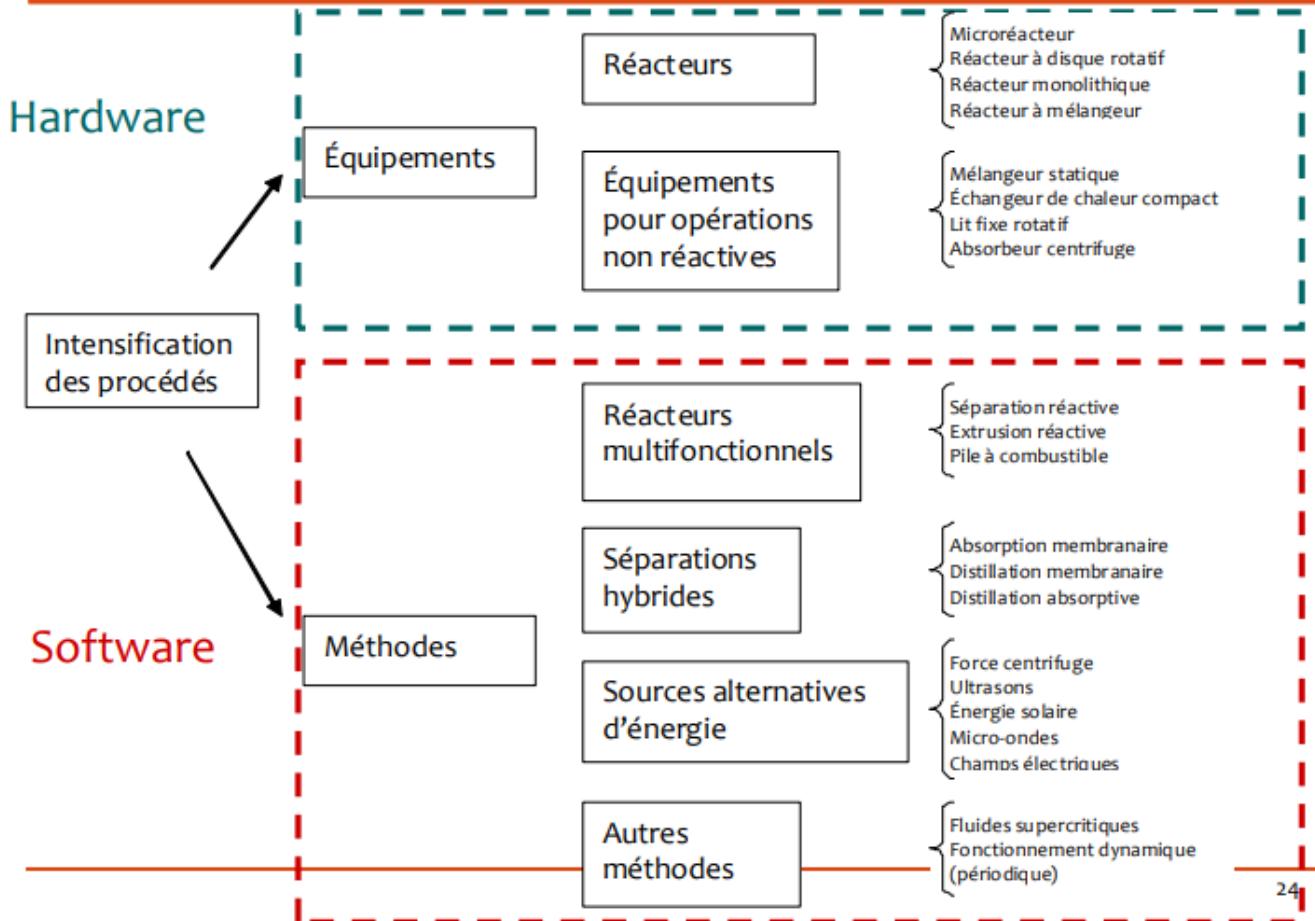
L'intensification des procédés permet de très nombreuses et très diverses applications, que Stankiewicz et Moulin regroupent dans deux catégories :

1. **Équipements (hardware)** spécifiques qui sont des appareils nouveaux développés pour atteindre les objectifs cités ci-dessus. Il s'agit des équipements mettant en œuvre des réactions chimiques (microréacteurs, réacteurs à disques rotatifs) ou des autres appareils comme les échangeurs de chaleurs compacts ou les mélangeurs statiques.

Chapitre I. Bases de l'intensification des procédés

2. **Méthodes (software)** dédiées à l'intensification des procédés, qui sont des exploitations différentes d'équipements déjà existants. Il s'agit des réacteurs multifonctionnels (distillation réactive), des séparations hybrides (distillation extractive), des sources d'énergies alternatives (ultrasons) ou des diverses méthodes (fluides supercritiques).

Intensification des procédés : quels outils ?



I.2. Principes et applications de l'IP

L'intensification des procédés s'attache à concevoir de nouveaux équipements plus propres, plus sûrs et plus efficaces tout en diminuant la taille des unités en rapport avec leur volume de production, la consommation de ressources (énergies, eau, fossiles) et le coût de production. Elle s'impose donc pour la révolution de l'industrie chimique puisqu'elle nécessite une réelle transformation des usines et implique à repenser différemment les procédés. L'intensification s'articule autour de deux axes.

Chapitre I. Bases de l'intensification des procédés

1. Un premier concerne les méthodes d'intensification qui reviennent par exemple à coupler plusieurs opérations unitaires pour aboutir à des procédés multifonctionnels, ou encore à détourner des équipements de leurs fonctions originelles.
2. Un deuxième axe est relatif aux technologies d'intensification telles que les micro technologies, dans lesquelles les phénomènes de transferts et de mélange sont intensifiés, ou encore aux technologies ayant recours à des matériaux innovants.

I.3. Différentes approches de l'intensification des procédés

I.3.1. L'aspect réduction du ratio surface sur volume (S/V)

Le principe fondamental de la miniaturisation des appareils revient à accroître leur rapport surface d'échange sur volume, tout en maintenant leur capacité de production. Les premières conséquences majeures sont l'amélioration des transferts thermiques (grâce à une surface d'échange multipliée) et des transferts de matière (grâce à la diminution des longueurs caractéristiques de diffusion moléculaire).

I.3.2. L'aspect micro structuration

Les petites dimensions (des canaux) issues de la miniaturisation des procédés imposent un écoulement laminaire au sein des réacteurs et conduisent à de faibles temps de séjour.

I.3.3. Intensification du transfert thermique dans les réacteurs échangeurs compacts

L'intensification des phénomènes thermiques est primordiale pour traiter des réactions exothermiques. Tout comme pour l'intensification des transferts de matière, le design des canaux, pour lesquels le ratio S/V est très élevé est à l'origine de l'intensification des transferts thermiques dans les réacteurs-échangeurs compacts. L'utilisation de matériau très conducteur pour la fabrication des plaques (comme le Carbure de Silicium ou l'Aluminium) va également faciliter les échanges de chaleur entre le fluide réactionnel et la paroi. La caractérisation du transfert thermique passe par l'étude du coefficient global d'échange thermique U. Il est courant de s'intéresser au coefficient d'intensification UA/V, plutôt qu'au coefficient U pour prendre en compte la compacité des réacteurs, A étant l'aire d'échange et V, le volume de fluide procédé échangeant avec la paroi du réacteur.

Chapitre I. Bases de l'intensification des procédés