

Chapitre 3. Les procédés de séparation par adsorption

Introduction

Les adsorbants sont généralement utilisés de manière cyclique : à une phase d'adsorption succède une phase de désorption, permettant de réutiliser le lit pour une nouvelle phase d'adsorption. Ces procédés sont alors définis par leur mode de régénération.

3.1. Adsorption Modulée en Pression (AMP ou PSA, Pressure Swing Adsorption)

En générale, les adsorbants sont régénérés en réduisant la pression totale. La pression d'un liquide étant difficile à modifier, l'AMP est uniquement utilisée pour la séparation des gaz.

L'adsorption modulée en pression est fréquemment utilisée pour la séparation fractionnée de mélanges de gaz. Le procédé PSA utilise à la fois les modifications de la pression totale et de la composition de la phase gazeuse pour effectuer les opérations d'adsorption et de désorption. La pression d'alimentation des procédés PSA est généralement égale ou supérieure à la pression atmosphérique. La pression de régénération peut, quant à elle, être inférieure à la pression atmosphérique, le procédé étant alors nommé Adsorption Modulée sous Vide (AMV ou VSA, Vacuum Swing Adsorption). Depuis le brevet de Skarstrom, les procédés PSA ont subi de nombreuses évolutions et sont aujourd'hui les plus couramment utilisés pour les opérations de séparations de gaz, notamment pour la séparation des gaz de l'air ou la séparation de mélanges hydrogène/CO₂.

2.2. Adsorption Modulée en Température (AMT ou TSA, Temperature Swing Adsorption)

En générale, la régénération est effectuée par chauffage du lit d'adsorbant, classiquement par la circulation d'un gaz de purge préchauffé. Dans ce cas, à l'action du chauffage s'ajoute une réduction de la pression partielle de l'adsorbat.

Le cycle TSA (l'adsorption modulée en température) est le procédé le plus ancien d'adsorption en cycle. Elle comporte deux phases principales : la phase d'adsorption et la phase de régénération qui correspond au chauffage de l'adsorbant. Une phase dite de pré-refroidissement est couramment ajoutée après la phase de régénération. Durant celle-ci,

l'adsorbant est refroidi afin que sa température soit à nouveau proche de celle désirée pour l'adsorption. Pour le chauffage du lit, deux modes de chauffage sont principalement utilisés :

- ✓ Chauffage directe, dans ce cas, le fluide caloporteur est en contact avec l'adsorbant.
- ✓ Chauffage indirecte, dans ce cas, le fluide caloporteur n'est pas en contact avec l'adsorbant, l'échange de chaleur se faisant alors par l'intermédiaire d'un échangeur.

Comme application industrielle d'un procédé TSA, on peut citer par exemple un procédé de récupération de solvants (heptane et isopropanol) dans une usine de fabrication de produits adhésifs.

L'avantage principal du procédé TSA est de pouvoir désorber plus facilement que les procédés PSA, des espèces fortement adsorbées, une variation de température étant plus efficace qu'une variation de pression pour changer l'état d'équilibre thermodynamique. Pour cette raison, les procédés TSA sont utilisés.