

Institut des Sciences de la Nature et de la Vie
Sciences de la Nature et de la Vie / Département des sciences écologie et environnement
MasterII Biodiversité et environnement
Cours Ingénierie de l'environnement (Semestre 3) / Section A

Chapitre II. Introduction au génie des procédés

1. Définition de Génie des Procédés

Génie des procédés désigne l'application de la chimie à l'échelle industrielle. Elle a pour but la transformation de la matière dans un cadre industriel et consiste en la conception, le dimensionnement et le fonctionnement d'un procédé comportant une ou plusieurs transformations chimiques et/ou physiques. Les méthodes utilisées dans un laboratoire ne sont souvent pas adaptées à la production industrielle d'un point de vue économique et technique.

2. Historique du génie des procédés

Cette discipline scientifique, depuis sa naissance à la fin du siècle dernier, a profondément évolué. Au départ issu de la chimie, elle décrivait les procédés industriels produits par produit. Chaque procédé étant par nature diffère, les limites de cette démarche s'imposèrent rapidement.

En 1915 Arthur D. Little qui propose le concept d'opérations unitaires en réponse à la demande croissante en produits de base bon marché. Le concept d'opération unitaire suppose que tous les procédés de fabrication peuvent être décomposés en une suite d'opérations élémentaires comme :

- ✦ Le séchage
- ✦ La cristallisation
- ✦ La filtration
- ✦ La vaporisation
- ✦ La distillation
- ✦ L'électrolyse

3. Définition de la chimie industrielle

La chimie industrielle est l'activité économique qui produit des molécules et autres composées chimiques en grande quantité, dite industrielle, en exploitant les technologies du génie chimique. La chimie industrielle apparait donc comme une science indispensable pour tous ceux qui veulent mettre en œuvre des procédés de production.

Depuis le milieu du 19^{ème} siècle, la chimie appliquée puis la chimie industrielle est considérée comme une partie de l'ensemble des connaissances qui représente la chimie en tant que science.

A. *Génie chimique :*

Le génie chimique se situe à la convergence de plusieurs disciplines et étudie les transformations, les transports et les transferts de la matière, de l'énergie et de la quantité de mouvement pour établir des lois et des corrélations utilisables lors de la transposition ou de l'extrapolation à l'échelle industrielle. Et c'est aussi l'ensemble des connaissances scientifiques et techniques qui ont pour objet de concevoir et de mettre en œuvre une usine chimique et d'en optimiser la production.

La tâche de l'ingénieur en génie chimique est :

- ✦ Dimensionnement
- ✦ Fabrication
- ✦ Fonctionnement

Débouchés du génie chimique :

- ✦ Industrie pétrolière, en particulier le raffinage
- ✦ Industries chimiques (industrie du plastique, détergent, cosmétique)
- ✦ Industries pharmaceutiques
- ✦ Industries alimentaire (jus, yaourts)
- ✦ Industries électroniques.

B. Génie de l'environnement

Il prévoit et mesure l'impact des méthodes de production sur l'environnement, aussi il propose ensuite des solutions adaptées pour maîtriser la pollution de l'air et de l'eau, gérer les déchets.

Il s'applique à faire respecter les réglementations en vigueur et à éviter les catastrophes écologiques (explosions d'usines, naufrages de pétrole), il veille aussi à entraver le moins possible la production industrielle, il maîtrise ainsi le coût de la réduction de la pollution. Le génie de l'environnement possède des compétences multiples :

- ✦ Solides connaissances scientifiques et techniques en matière d'hygiène, de sécurité et d'environnement
- ✦ Il assure également une veille constante sur les réglementations et les normes environnementales.

Débouchés du génie de l'environnement :

- ✦ Dépollution des eaux résiduaires
- ✦ Dépollution des effluents gazeux
- ✦ Dépollution des sols
- ✦ Traitement des déchets solides
- ✦ Hygiène industrielle

C. Génie pharmaceutique

Le génie des procédés pharmaceutiques est une discipline qui vise à appliquer les opérations du génie des procédés dans l'industrie pharmaceutique pour la fabrication des médicaments. Aussi est une discipline qui regroupe la majeure partie des technologies liées à la formulation des médicaments et leur production industrielle dans des conditions d'efficacité optimale et satisfaisant les bonnes pratiques de fabrication les plus strictes.

Cette formation a pour objectifs de :

- ✦ Former une carrière de production ou d'ingénierie dans l'industrie pharmaceutiques, alimentaires, phytopharmaceutiques, cosmétologiques
- ✦ Permettre d'acquérir les techniques de pointe dans ces industries
- ✦ Aborder les problèmes spécifiques de l'industrie pharmaceutiques

Débouchés du génie pharmaceutique :

- ✦ L'intégration des sciences de l'ingénieur dans l'approche de la production pharmaceutique ; filtration de l'air et des fluides, automatisation des procédés pharmaceutiques

- ✦ L'acquisition des bases requises pour aborder les problèmes tels que la production en milieu stérile, la production d'eau à l'usage pharmaceutique, la production de formes solides, liquides et semi-solides etc.
- ✦ La forme des médicaments pharmaceutiques (galénique) aussi le développement industriel, la fabrication et/ou le conditionnement.

4. Que ce qu'un procédé industriel ?

Un procédé industriel est un procédé de nature mécanique ou chimique destiné à produire des objets ou à synthétiser des produits chimiques en grande quantité et dans des conditions techniquement et économiquement acceptables. Ils sont notamment essentiels aux industries dites lourdes.

5. Le rôle de la spécialité des procédés

Les procédés s'appliquent dans une vaste étendue d'industries, en site :

- ✦ Industrie chimique et para-chimique (plastique, textile synthétique, caoutchoucs synthétique (élastomère), détergent, adhésif, engrais)
- ✦ Industries pharmaceutiques
- ✦ Raffinage du pétrole et pétrochimie
- ✦ Environnement : traitement d'eau, d'air et des déchets
- ✦ Industrie agro-alimentaire et bio-industries
- ✦ Qualité et sécurité dans les procédés
- ✦ Management des procédés industriels

Hydrocarbures et industrie pétrochimiques

1. Définition

Un hydrocarbure (HC) est un composé organique constitué exclusivement d'atomes de carbone (C) et d'hydrogène (H), leur formule brute est : $C_n H_m$ où (n et m) sont deux entiers naturels.

Ils peuvent être saturés, appelés les alcanes, ou insaturé (alcènes, alcynes et composés aromatiques).

Les hydrocarbures sont inflammables, à l'image du pétrole et du gaz naturel, aussi ils ne se mélangent pas à l'eau (immiscible).

2. Les différents hydrocarbures

Les hydrocarbures sont classés selon leurs nature ont :

Hydrocarbures	Exemples	Sources
Saturé : la chaîne carbonée est constituée uniquement de liaisons simples	Alcane : appelés paraffines. Ce sont des composés très peu réactifs. Ils ne se donnent à froid aucune réaction avec le chlore, ni le brome. Mais leur réaction avec l'oxygène, à chaud où sous l'action de lumière vive, libère une grande quantité de chaleur avec la formation de dioxyde de carbone et eau. La formule générale : $C_n H_{2n+2}$	Leurs sources essentielles sont le pétrole. La combustion des alcanes est la principale source d'énergie utilisée. Le pétrole est constitué en très grande part d'alcanes résultants de dépôts de matière organique enfouis au fond des océans
Insaturé : la chaîne carbonée présente au moins une liaison double ou triple	Alcène : hydrocarbure dérivant des alcanes, contenant la double liaison $C=C$ et de forme générale $C_n H_{2n}$. un alcène est capable d'absorber de l'hydrogène en présence d'un catalyseur à la température et la pression ordinaires, en formant un alcane	Pas présent, ou très rarement dans les pétroles. Par contre ils sont fréquents dans les composés biologiques végétaux ou animaux, mais rarement sous la forme de composés simples.
	Alcynes : hydrocarbure dérivant des alcanes, contenant une triple liaison $C \equiv C$ et de formule générale : $C_n H_{2n-2}$. La triple liaison représente le plus léger de la famille est l'acétylène (Ethyne).	Bien que présente dans certaines molécules naturelles la triple liaison est assez rare.
	Aromatique : tous les composés aromatiques sont dérivant du benzène. Leur formule globale $C_6 H_6$	Cette structure est présentée dans beaucoup de molécules d'origine végétale ou animale. Le benzène est surtout extrait des goudrons de houilles ou des résidus pétroliers.

❖ D'où viennent les hydrocarbures pétrole et gaz ?

Ce sont des assemblages d'atomes de carbone et d'hydrogène en plus ou moins grande quantité pour le pétrole et pour le gaz.

Ils proviennent de l'accumulation des dépôts des organismes marins au fond des océans au cours des dizaines de millions d'années de la formation de la terre pendant lesquelles se sont constitués des sédiments. Ces sédiments au cours du temps, ont formé les roches primaires dures qui sont devenues des roches réservoirs dans lesquelles les molécules d'hydrocarbures ont été contenues initialement à grande profondeur.

Le gaz de charbon appelé Grisou qui est du méthane, composant du gaz naturel.

3. Définition de la pétrochimie

a. Pétrole

Le pétrole est un liquide d'origine naturelle, une huile minérale composée d'une multitude de composés organiques, essentiellement des hydrocarbures piégés dans des formations géologiques particulières, car le pétrole fournit la quasi-totalité des carburants liquides (fioul, gazole, kérosène, essence, GPL) tandis que le naphta produit par le raffinage est à la base de la pétrochimie, dont sont issus un très grand nombre de matériaux usuels.

b. Pétrochimie

La pétrochimie est l'industrie qui traditionnellement transforme des ressources fossiles, telles que les gaz de pétrole liquéfiés (GPL) propane ou butane, le naphta ou le gazole (coupes pétrolières) et l'éthane (gaz naturel), en grands intermédiaires pétrochimiques, qui seront eux-mêmes utilisés par l'industrie chimique dans la production de multiples produits finis (plastiques, fibres textiles, etc).

De manière schématique, les deux principaux procédés qui interviennent dans la pétrochimie sont le vapocraquage ; capable de transformer du gaz ou du naphta en oléfines telles que l'éthylène, le propylène, les butènes et le butadiène et le reformage ; catalytique qui ne traite que du naphta pour produire les grandes intermédiaires aromatiques tels que le benzène, le toluène et les xylènes.

❖ Qu'est-ce que l'industrie pétrolière et gazière ?

L'industrie pétrolière et gazière est définie par des activités en amont, qui se produisent avant l'extraction du pétrole et du gaz, et par des activités en aval, qui ont lieu après l'extraction du pétrole et du gaz.

- Les activités en amont : comprennent la recherche et la découverte de gisements de pétrole et les tests afin de déterminer leur valeur
- Les activités en aval : comprennent l'extraction de gisements, la production, l'expédition, le raffinage et la vente de pétrole brute et de gaz naturel découverts sous la terre. Les fabricants utilisant ces ressources pour en faire de l'huile de chauffage, de l'huile pour moteurs, du propane, de l'essence, du kérosène, du butane, du méthane, du benzène et du goudron

4. Produit de la pétrochimie

Les produits issus du raffinage du pétrole sont des mélanges complexes d'hydrocarbures, les principaux produits pétroliers sont :

- ✦ Les gaz du pétrole liquéfiés (GPL) : ces gaz comprennent essentiellement du propane et du butane
- ✦ Les essences : Essence ordinaire – Supercarburant et Supercarburant sans plomb – Essence aviation
- ✦ Le gazole
- ✦ Les carburéacteurs : destinés à l'alimentation des brûleurs des turboréacteurs d'avions
- ✦ Fuel domestique ou mazout
- ✦ Fuel lourd à usage industriel.

5. Rôle de la spécialité dans l'industrie pétrolière et gazière

- ✦ Analyses et traitements des données en complément de la formation initiale en Génie de Procédés
- ✦ Identifie et de gérer des problèmes spécifiques liés au Génie des Procédés au sein d'une entreprise ou de proposer un diagnostic et une aide à la décision en matière de fonctionnement au sein d'une entreprise.
- ✦ Ce domaine nécessite des compétences générales pluridisciplinaires, des compétences plus spécifiques, des compétences beaucoup plus pointues permettant la résolution de problèmes concrets.
- ✦ Une prise en compte de méthodologies complémentaires (approches théorique et expérimentale, projets multidisciplinaires)

Notion sur l'hygiène et la sécurité

1. Définition

La sécurité est un ensemble de règles et de moyens techniques et d'hygiène. C'est un état d'esprit dont la finalité est de créer certaines conditions de travail éliminant les dangers. Donc la présence d'un service de sécurité dans les entreprises est indispensable pour veiller sur la protection, l'hygiène, la lutte contre les incendies et représenter un système de mesures destinées à perfectionner les procédés de production.

La sécurité étudie les dangers industriels des accidents, les maladies professionnelles et élabore des méthodes de réduction, de prévention et de répartition des accidents.

2. Objectifs du service de sécurité

La protection du travail présente un vaste système de mesures destinées à sauvegarder la santé morale et la santé physique du travailleur pour cela il est nécessaire de perfectionner les procédés de production et de créer les conditions de travail sans danger.

Le service de sécurité doit pouvoir assurer :

- ✦ La législation du travail (les lois)
- ✦ La technique de sécurité
- ✦ L'hygiène du travail
- ✦ La protection contre les incendies

3. Rôle de la technique de sécurité

La technique de sécurité a pour but de créer :

- ✦ Des dispositifs de sécurité protègent le personnel contre les risques électriques
- ✦ Des dispositifs protègent les machinistes contre les parties en mouvement des machines
- ✦ Des dispositifs protègent l'environnement contre les gaz nuisibles et dangereux

4. Les principales tâches de l'hygiéniste

L'hygiéniste est appelé à résoudre les problèmes posés par :

- ✦ le bruit
- ✦ le froid
- ✦ la chaleur
- ✦ l'humidité
- ✦ la pression anormale
- ✦ les vibrations
- ✦ les radiations
- ✦ le manque d'éclairage
- ✦ les tensions psychologiques

Le maintien de la bonne santé des travailleurs exige donc des solutions faisant appel à des connaissances dans de nombreuses disciplines scientifiques. L'hygiéniste industriel devra entre autre être capable de :

A. Comprendre

- ✦ Les critères de conception et les limites de performance des systèmes d'aspiration
- ✦ Les causes habituelles des explosions et des incendies et les techniques de prévention et de lutte appropriées
- ✦ La différence de concept entre toxicité et risque toxique (tout produit peut être fabriqué et utilisé en toute sécurité en dépit de sa toxicité)

B. Prévoir

- ✦ Les problèmes de production ou les problèmes de sécurité survenant lorsqu'une substance dangereuse ou toxique s'échappe à cause de l'usure du matériel (valve, pompe, réacteur)
- ✦ Les situations dangereuses engendrées par l'électricité, les réacteurs, les opérations occasionnelles.

C. Evaluer

Les risques constitués par les polluants atmosphériques et donc de choisir l'instrumentation adéquate

D. Interpréter

Les données recueillies et si nécessaire de prévoir des moyens de prévention générales et individuelle efficaces.

5. Les causes d'un danger

Les causes majeures qui peuvent provoquer un danger sont :

- ✦ L'accroissement de la taille des unités de production ce qui a comme conséquences :
 - ✓ Des stockages importants
 - ✓ Des tonnages transportés considérables
- ✦ La diversité des produits et accroissement de leurs caractères dangereux
- ✦ Les conditions de fonctionnement des unités proche de leurs limites pour améliorer leurs performances
- ✦ L'urbanisation autour des sites qui fait :
 - ✓ Augmenter le pouvoir de nuisance
 - ✓ Aggraver les conséquences des accidents

6. Les dangers potentiels de l'industrie

- ✦ Les explosions (déflagration-détonation)
 - ✓ Explosion du gaz et de vapeurs
 - ✓ Explosion de poudres et de poussière
 - ✓ Explosion thermique
 - ✓ Explosion physique

- ✦ Les combustion et feux
 - ✓ Des poussières
 - ✓ Les couches de produits pulvérulents
 - ✓ Gaz et vapeurs
 - ✓ Liquides
- ✦ Les émissions