



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTE : TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT : GÉNIE DES PROCÉDÉS

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par : Ben Rahmoune Hanane

Majda Daimah

DOMAINE : Sciences et Technologies

FILIERE : Génie des Procédés

OPTION : Génie gazes

Thème

Etude de dimensionnement d'une colonne à garnissage

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	Qualité
Hadjadj Asma	MCB	Président
Abdel Mouiz Ahmed	MCB	Examineur
Merigui Khaled	MAA	Rapporteur

Promotion : JUIN 2022

DEDICACE

**Je dédie le travaille à mes pour me parents qui ont être
Toujours à mes cotes pour mes soutenir et me donner
Le courage pour continuer à progresser dans mes études
.Merci beaucoup men père et maman je vous aime beaucoup.**

**A mes frères et mes sœurs .A ma collègue qui est partagée
Avec moi l'honneur de la réalisation de ce travail : Majda
.A tout la famille Ben Rahmoune .Je dédie spécialement ma
deuxième famille, la famille de mon fiancé Nabil .A tous mes**

Amis et collègues de promotion

**2021-2022. A notre encadreur Merigui Khaled
de m'avoir apporté tout l'aide possible pendant tout
la durée de mon travail**

Ben Rahmoune Hanane

DEDICACE

**Je dédie ce travail à mes très chers parents, je les
Remercie pour leurs sacrifices, leurs patiences, leurs
Soutien s, ainsi que pour l'aide et les encouragements
qui m'ont apporté durant toutes ces années d'étude.
Sans eux, je ne serais pas ce que je suis aujourd'hui.**

Je dédie ce travail également :

A mes frères et ma sœur.

A toute ma famille.

A tous mes amis.

Majda Diamah

Remerciements

Avant tout, nous remercions DIEU le tout puissant de nous avoir donné la force, le courage, et la patience pour mener à terme ce modeste travail.

Aussi un grand remerciement à nos chers Parents.

Nous remercions également à nos tous les enseignants du département de génie des procédés qui nous ont accompagné durant nos études.

Nous tenons à exprimer notre profonde reconnaissance et sincères remerciements à notre encadreur Mrigui Khaled enseignante à l'université de Amar thelidji pour son encadrement précieux et son soutien quotidien qui ont permis de mener à bien ce travail.

Nous voulons remercier nos collègues .avec lesquels nous avons passé des moments inoubliables au cours des années théorique et pendant la réalisation de ce travail, ils ont manifesté leur soutien et ont toujours encouragé à aller au-devant .Enfin

, nous remercions, tout personne qui a participé de

Près ou de loin à réalisation de ce travail.

SOMMAIRE

Liste Des Figures.....	V
Liste Des Tableaux.....	VI
Nomenclature	VII
Introduction Générale.....	01

Les contacteurs gaz-liquide

Pour colonne à Distiller les garnissages

I.1 Introduction	03
I.2 Eléments internes d'une colonne à garnissage	04
I.2.1 Distributeurs de liquide.....	04
I.2.2 Grille de support du garnissage et de distribution des phases gazeuses.....	04
I.2.3 Dévésiculeur.....	05
I.2.4 Autres équipements de la colonne.....	07
I.2.4.1 Redistribuer de liquide.....	07
I.2.4.2 Limiteurs de garnissage.....	07
I.2.4.3 Collecteurs de liquide.....	08
I.2.5 Récapitulatif et positionnements.....	08
I.3 Divers types de garnissage	09
I.3.1 Garnissages en vrac.....	09
I.3.2 Garnissage structurés.....	13
I.3.2.3 Les grilles.....	14
I.4 Description de Intolox.....	15
I.5 La colonnes et garnissage.....	15

I.5.1 avantages	15
I.5.2 inconvénients.....	16
Dimensionnement d'une colonne à garnissage	
II.1 Introduction.....	18
II.2 Ecoulement des fluides dans les garnissages.....	18
II.2.1 Perte de charge	18
II.2.2 Capacité.....	18
II.2.3 Rétention (Hold-up)	20
II.2.4 Débit liquide minimum d'irrigation.....	21
II.2.5 Efficacité des garnissages	22
II.2.6 Estimation des HETP.....	23
II.2.7 Estimation des HTU	24
II.2.8 Calcul de dimensionnement d'un colonne à garnissage.....	25
II.2.9 Calcul mécanique	28
II.2.9.1 Résistance de la virole dans chaque section de la colonne.....	28
II.2.9.2 Vérification de la résistance des fonds de la colonne.....	30
II.2.9.3 La résistance du fond inférieur.....	31
II.2.9.4 La résistance du fond inférieur lors de l'essai hydrostatique.....	31
Conclusion.....	34

LISTE DES FIGURES

Figure	Titres	Page
Les contacteurs gaz-Liquide pour colonne à distiller les garnissage		
Figure I.1	Internes d'une colonne à garnissage	03
Figure I.2	Distributeur liquide à l'intérieur d'une colonne à garnissage	04
Figure I.3	Supporteurs de garnissage	05
Figure I.4	Dévésiculeur (débrouilleur)	05
Figure I.5	Montage des dévisiculeurs	06
Figure I.6	Autres équipements intérieurs d'une colonne	07
Figure I.7	Récapitulatif des équipements d'une colonne à garnissage	08
Figure I.8	Exemple de garnissages en vrac de 1 ^{er} génération	10
Figure I.9	Exemple de corps de garnissage	10
Figure I.10	Exemple de corps de garnissage en plastique et céramique	10
Figure I.11	Exemple de garnissages en vrac de 2 ^{ème} génération	11
Figure I.12	Exemple de garnissage en vrac de 3 ^{ème} génération	12
Figure I.13	Schéma montrant la géométrie du garnissage structuré	13
Figure I.14	Garnissage structuré	14
Figure I.15	Photo d'un garnissage structuré Intalox (Norton.1993)	14
Figure I.16	Photographie d'une grille GlitSch FE25A	15
Dimensionnement d'une colonne à garnissage		
Figure II.1	Exemple de représentation graphique des débits maximum acceptables pour un garnissage (d'après Norton ,1987)	25
Figure II.2	La meilleure solution	27
Figure II.3	Coefficient K en fonction de la température	29
Figure II.4	Représentation d'un fond elliptique	30

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAUX	Titres	Page
Tableau II.1	Matériaux de constructions	28
Tableau II.2	Choix de e_3 fonction de la hauteur	30

NOMENCLATURE

Les symboles	La signification symbole	unité
ΔP	De hauteur garnissage	Pa/m
α et β	des constantes caractéristiques du garnissage	(-)
L et G	Sont les débits massiques de liquide et de gaz par unité de surface de section droite de la garnissage	(-)
P_G	La masse volumique du gaz	(-)
U_{Gf}	Vitesse du gaz à l'engorgement dans la colonne supposée vid	(m/s)
a_p	Surface spécifique du garnissage	(m^{-1})
E	Fraction de vide du garnissage	(-)
L	Débit massique de liquide	($Kg/m^2.s$)
G	Débit massique de gaz	($Kg/m^2.s$)
μ_L	Viscosité du liquide	(Cp)
$\psi = \frac{P_{H2O}}{P_L}$	Terme correctif pour les liquides visqueux de densité différente de celle de l'eau	(-)
ε_{Lf}	Est solution de cette équation du quatrième degré mais seule la solution comprise entre $\varepsilon/3$ et est acceptable	(-)
h_L	Rétention dynamique en volume de liquide par unité de volume occupé par le garnissage	(-)
$Q_{Lm} ; \mu_L ; \sigma$	De section de colonne	$m^3/h.m^2 ; cP ; dyn/cm$
M	Est pente de la courbe d'équilibre	(-)
a_w	Est l'air du garnissage mouillée par la phase liquide et donc supposée être l'aire interfaciale de contact de gaz-liquide	(-)
σ_c	Est la tension interfaciale critique déjà utilisée pour calculer le débit minimum d'irrigation	(-)
H	Etant la hauteur du garnissage	(-)
U_{max}	La vitesse maximum de gaz	($m.s^{-1}$)
SF	Facteur de système	(-)
P	Pression inter	(-)
e_r	Epaisseur de la résistance	(-)
σ_z	Contrainte axiale parallèle à Z	(-)
σ_t	Contrainte tangentielle	(-)
P_z	Rayon de courbure de la direction de $\sigma_z : P_z = R_m$	(-)
P_t	Rayon de courbure de la direction $\sigma_t : \sigma_t = \infty$	(-)
ϕ	Coefficient de diminution de la résistance du au	(-)
t_c	Température de calcul	(-)
K	Coefficient tenant compte de l'influence de la température sur les caractéristiques	(-)

e_r	Epaisseur de la résistance de la virole	(-)
e_v	Epaisseur réelle de la virole donnée	(-)
e_1	Surépaisseur de la corrosion donnée	(-)
e_2	Surépaisseur de tolérance négative donnée	(-)
e_3	Surépaisseur tenant compte des charges supplémentaires (vent, séisme) pour les équipements verticaux, choisi à partir du tableau	(-)
D_m	Le diamètre moyen du fond	(-)
σ_e^t	Limite d'élasticité la température du service	
P_{essai}	Pression d'essai hydrostatique	(-)
P_{st}	Pression de l'eau contenue dans la colonne	(-)

Introduction

Introduction Générale

Les garnissages représentent en effet une technologie alternative pour effectuer des transferts de matière et de chaleur entre une phase liquide et une phase vapeur circulant à contre - courant .Tandis qu'une colonne à plateaux constitue un ensemble d'étages de contact distincts entre lesquels les deux phases circulent séparément une colonne à garnissage réalise un contre- courant à contact continu : les phases sont en contact dans toute la colonne ,pour être séparées seulement avant de quitter l'appareil . L'échange des constituants entre les phases se fait d'autant mieux que la surface de contact et la turbulence sont importantes : c'est pour cette raison qu'on emplit la colonne d'éléments solides (le garnissage, encore appelé remplissage ou Picking) aux formes et aux dimensions judicieusement choisies.

Par rapport aux colonnes à plateaux, les colonnes à garnissage présentent, comme nous allons le voir, un certain nombre d'avantages et d'inconvénients .

La programme doit avoir une flexibilité par rapport au paramètres de fonctionnement de la colonne (les débit ; les composition), ainsi que le choix des organes de contact internes . Le travail sera organisé de la manière suivante :

Une introduction générale donnant une idée sur l'intérêt de thème deux chapitres étude conclusion générale.

Dans le chapitre1, on a réuni toutes les informations disponibles dans la littérature pour caractériser et expliquer le définitions et élément internes d'une colonne à garnissage et Divers type la colonne et garnissage.

Le chapitre 2, calcul mécanique, calcul de dimensionnement d'une colonne à garnissage.

**Les contacteurs gaz-liquide pour colonne à
Distiller les garnissages**

I.1 Introduction :

La colonne à garnissage est sans doute le plus simple et le plus traditionnel des contacteurs gaz-liquide. En principe, il s'agit d'une colonne munie d'un plateau support, et remplie de garnissage de type très divers. Ces garnissages sont mis en place d'une manière aléatoire le plus fréquemment et parfois d'une manière ordonnée. Le liquide ruisselle par gravité le long de ce garnissage après avoir été distribué au moyen d'un plateau situé au sommet de la colonne. Le gaz circule généralement à contre-courant du liquide, quoique des réalisations à co-courant ou à courants croisés soient utilisées.

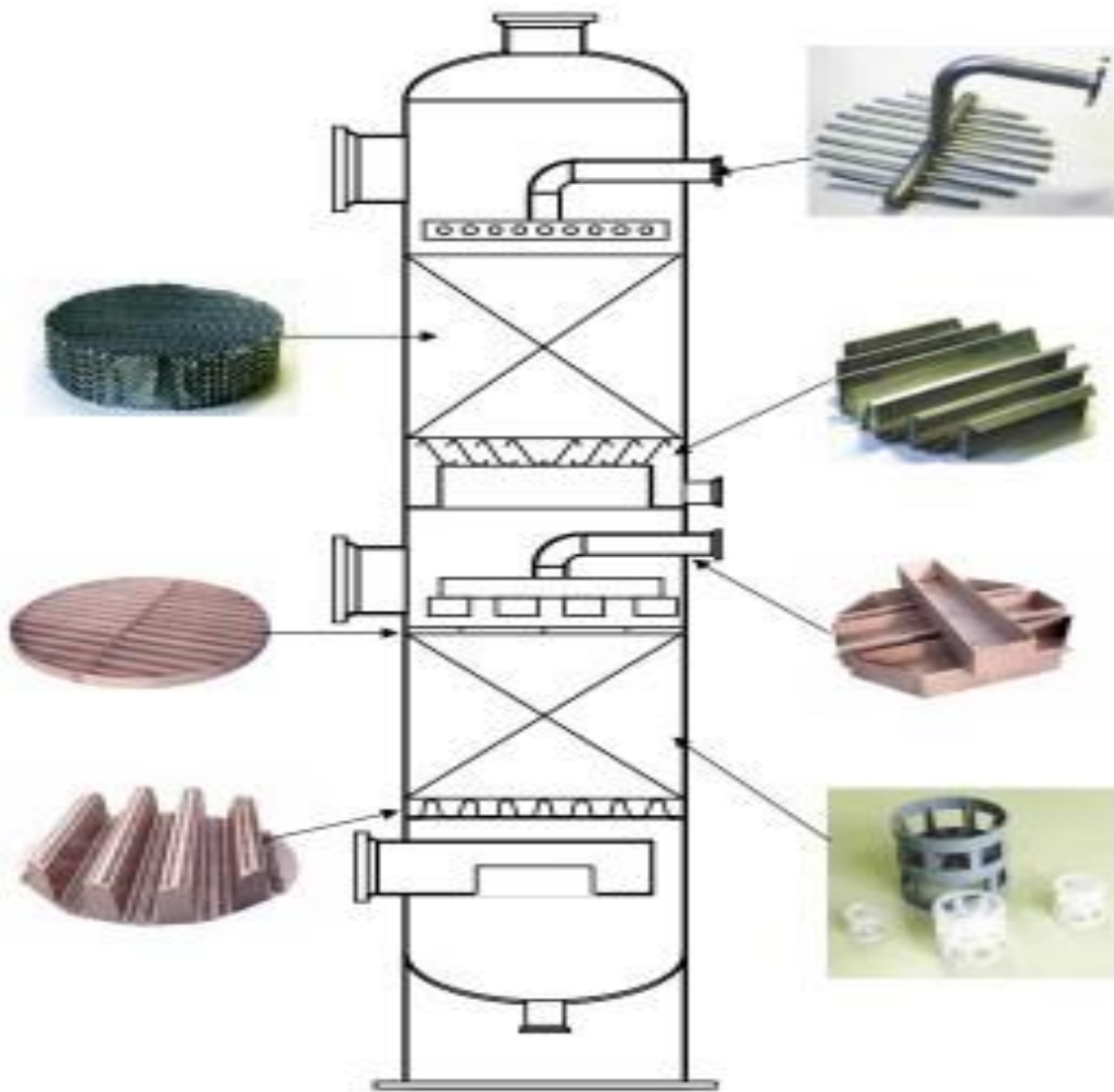


Figure I.1 : Internes d'une colonne à garnissage

I.2 Eléments internes d'une colonne à garnissage

I.2.1 Distributeurs de liquide

L'efficacité d'une colonne à garnissage dépend de la surface et du temps de contact entre les deux phases gaz et liquide .Ces phases doivent être mises en contact de façon homogène sur toute la longueur de la colonne. Le garnissage en vrac est capable de redistribuer le liquide qui est versé dans une point au- dessus de la colonne, mais parfois, le garnissage n'est pas complètement mouillé .Pour augmenter ce taux de mouillage, le liquide est, en général, réparti dans toute la section transversale de l'entrée de la colonne à l'aide d'un distributeur.

Pour évaluer la performance d'un distributeur il faut considérer :

- l'uniformité géométrique de placement de chaque point de distribution sur la grille distributrice ;
- l'uniformité de débit du liquide sur chaque mètre carré de la section transversale du garnissage en haut de la colonne ;
- le nombre de points d'alimentation par mètre carré de section droite ;
- le rapport de la surface mouillée sur la surface sèche.



Figure I.2 Distributeur liquide à l'intérieur d'une colonne à garnissage

I.2.2 Grille de support du garnissage et de distribution des phases gazeuses

La grille de support du garnissage doit tout d'abord être capable de supporter la masse du garnissage et la masse du liquide lié au garnissage (rétention du liquide). Pour dimensionner la grille de support, on ne tient pas compte :

* des pertes de charge dues à la poussée du gaz vers le haut de la colonne (cette poussée soulève un peu le garnissage et réduit de ce fait légèrement la force que celui-ci applique sur le support) ;

* du fait que le garnissage soit légèrement soutenu par les parois de la colonne.

D'autre part, la grille de support ne doit pas générer une perte de charge linéique supérieur à celle du garnissage, sinon les débits de gaz et de liquide au maximum acceptables seraient moindres.



Figure I.3 : Supporteurs de garnissage

I.2.3 Dévésiculeur

Placé en haut de colonne, il permet d'arrêter les gouttes de liquide entraînées par le gaz sortant de l'absorbeur. En absence de dévésiculeur, le liquide sortant de la colonne sous forme d'aérosol peut se condenser dans les autres parties de l'installation et produire des dommages (corrosion) aux équipements.

Le dévésiculeur est généralement tissé en métal ou en plastique de 100 à 150 mm d'épaisseur et est placé sur une grille au-dessus du lit de garnissage dont la différence de hauteur est égale au diamètre de la colonne.



Figure I.4 : Dévésiculeur (debrouilleur)

Les contacteurs gaz-liquide pour colonne à Distiller les garnissages

Il est notamment utilisé pour les applications suivantes :

- ✓ Absorbeurs
- ✓ Installations de dessalement d'eau de mer
- ✓ Laveurs
- ✓ Installations d'acide sulfurique
- ✓ Colonnes à vide
- ✓ Amortisseurs de bruit et de vibrations
- ✓ Installations de distillation et de rectification
- ✓ Séparateurs d'huile
- ✓ Vaporisateurs, installation de détente

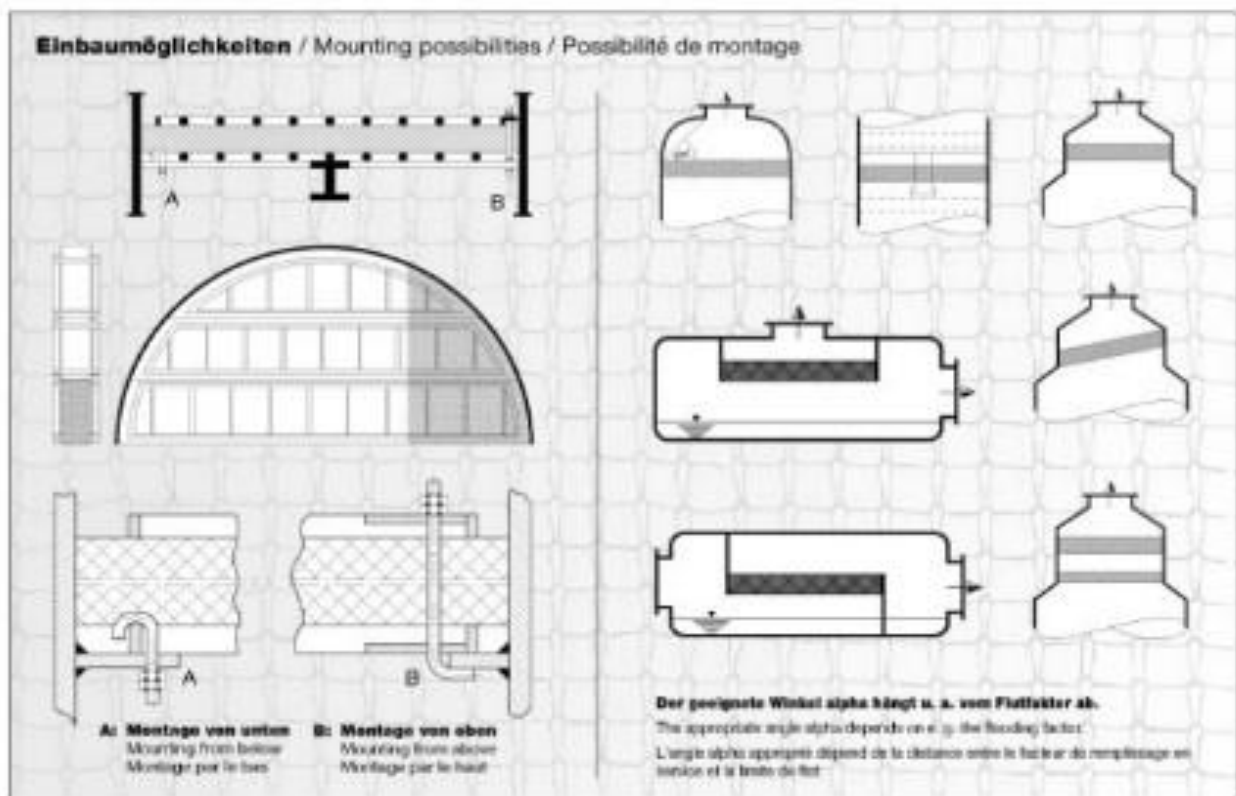


Figure I.5 Montage des dévisiculeurs

Lors du montage du grillage, il faut veiller à ce qu'il soit parfaitement ajusté contre la paroi de la colonne de manière à éviter la formation d'espaces libres.

Si le flux de gaz ou de vapeur contient de très fines gouttelettes, qui se produisent lors de la condensation par exemple, une hauteur de grillage plus élevée ou une structure à plusieurs couches peut être requise.

I.2.4 Autres équipements de la colonne

I.2.4.1 Redistributeurs de liquide

Un redistributeur est un dispositif qui a comme fonction de collecter et de redistribuer le liquide s'écoulant au sein de la colonne. Il est employé dans les colonnes ayant une hauteur importante pour éviter la canalisation du liquide.

Il est justifié d'utiliser des redistributeurs si l'écart entre deux redistributeurs ou un redistributeur et un supérieur à une hauteur égale à trois diamètres de la colonne.

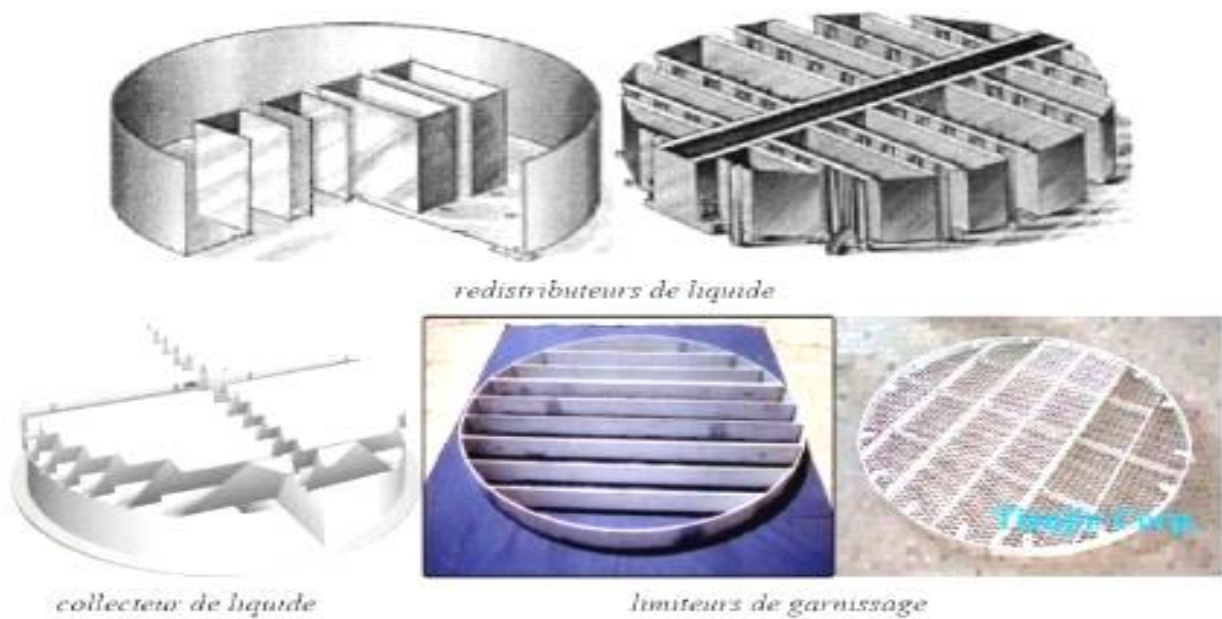


Figure I.6 : Autres équipements intérieurs d'une colonne

I.2.4.2 Limiteurs de garnissage

Il consiste en une grille de métal placée au dessus du garnissage.

Des grilles de calage sont utilisées pour empêcher les éléments de garnissage d'être soulevés et déplacés sous l'effet d'une brusque poussée de la phase gaz du bas vers le haut.

Il est surtout utilisé lorsque l'on travaille à des forts débits de gaz et avec des garnissages légers (plastiques).

I.2.4.3 Collecteurs de liquide

C'est un dispositif servant à collecter le liquide s'écoulant au sein de la colonne s'il y a nécessité de redistribution du liquide dans la colonne, par exemple à cause de l'utilisation de deux lits ou d'une augmentation de température significative. Le liquide, qui s'écoule sur le lit qui est placé en partie haute de la colonne, doit être collecté et versé à l'extérieur de la colonne.

I.2.5 Récapitulatif et positionnements

Le schéma ci-dessous représente les équipements qui peuvent être montés dans une colonne à garnissage ainsi que leurs positionnements.

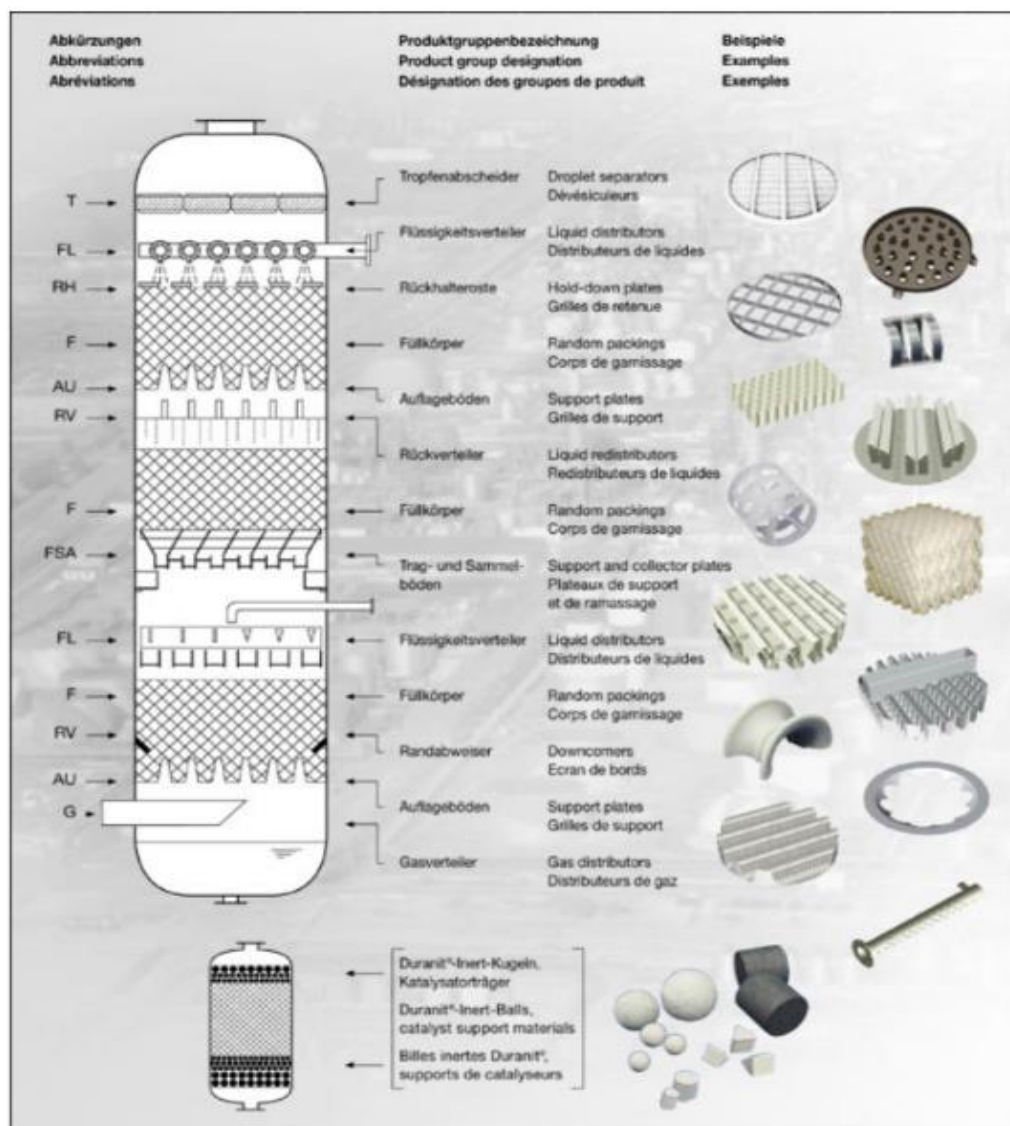


Figure I.7: Récapitulatif des équipements d'une colonne à garnissage

I.3 Divers types de garnissage :

L'appareil de contact le plus simple est la colonne vide, qui peut être une colonne à arrosage, si le liquide est dispersé en pluie dans la phase gazeuse, ou une colonne à bulles, si le gaz est injecté dans le liquide constituant la phase continue. Ces appareils sont peu efficaces. Pour améliorer le contact entre les phases ainsi que l'agitation dans chacune d'elles, on remplit la colonne d'un garnissage, en une ou plusieurs sections, avec des dispositifs de redistribution du liquide au sommet de chaque section garnie. Le liquide ruisselle sur éléments du garnissage, formant un film qui est léché par la phase gazeuse, qui monte à contre-courant.

A priori, des solides de toute forme pourraient être utilisés. Mais un garnissage efficace doit être tel que sa surface par unité de volume soit la plus grande possible et que la résistance à l'écoulement (la perte de charge) soit faible. Par ailleurs, le garnissage ne doit pas retenir du liquide stagnant. Pour une forme donnée de garnissage, les caractéristiques essentielles sont la surface spécifique (surface par unité de volume garni) et la fraction de vide ou porosité. La nature du matériau est également importante, car le liquide doit mouiller la surface du garnissage et y former un film aussi continu que possible, c'est-à-dire avoir un faible angle de contact. Une bonne efficacité d'un garnissage est cependant tributaire de la distribution des phases à travers la section de la colonne, et en particulier de celle de la phase liquide au sommet de la colonne.

Au fil des années, les types de garnissage proposés par les fabricants ont fortement évolué et actuellement on en trouve une grande variété.

On distingue trois grandes classes :

- ✓ les garnissages disposés en vrac ;
- ✓ les garnissages ordonnés ou structurés ;
- ✓ les grilles superposées, qui se rapprochent des précédents.

I.3.1 Garnissages en vrac

Ce sont les premiers garnissages qui ont été utilisés (depuis le début du siècle) ; développés à partir de deux formes de base (anneaux et selles), ils ont été l'objet d'une évolution notable. Certains auteurs (Kister, 1992) les classent en trois générations :

première génération, représentée par les anneaux de Raschig ou de Lessing et les selles de Berl (fig.I.8). Ils sont encore utilisés, compte tenu de leur faible coût.

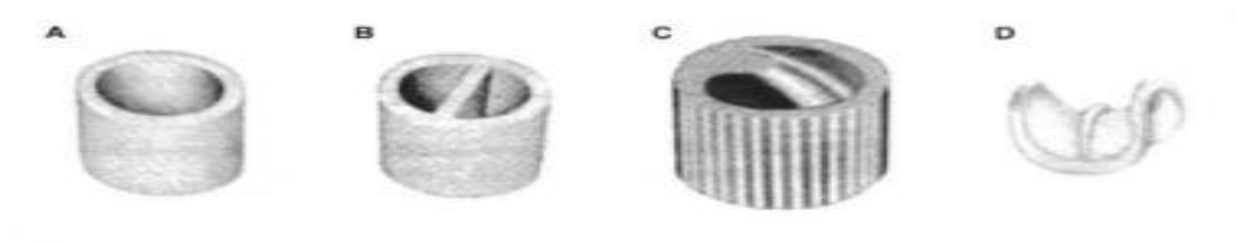


Figure I.8 Exemple de garnissages en vrac de 1^{er} génération

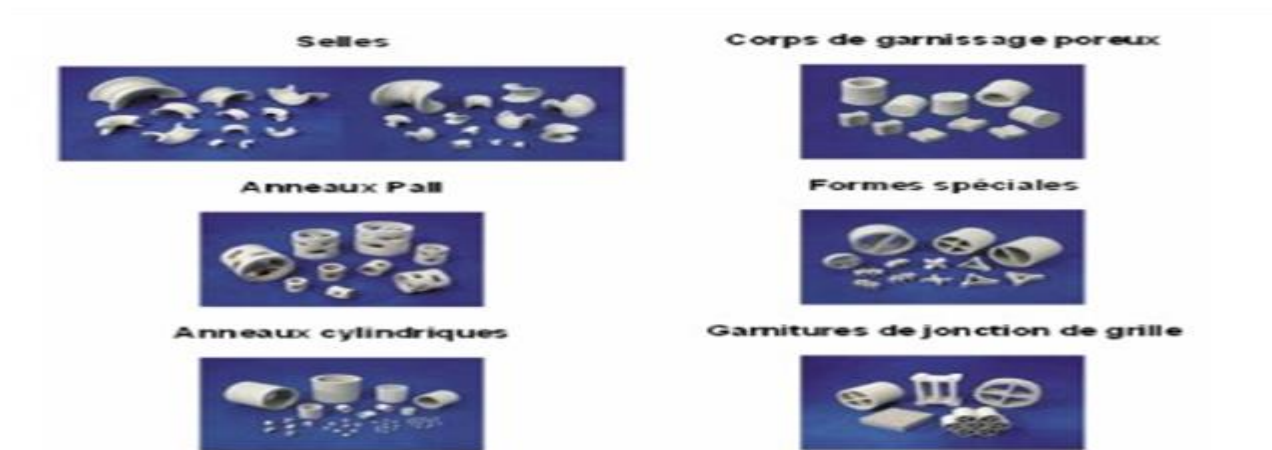


Figure I.9 Exemple de corps de garnissage



Figure I.10 Exemple de corps de garnissage en matière plastique en céramique

* Deuxième génération, constituée par des variantes des précédents, mais plus sophistiquée, pour augmenter la surface de chaque élément. On trouve ainsi les selles Intalox de Norton, les anneaux de Palle et Hy-Pak .(fig I.11)

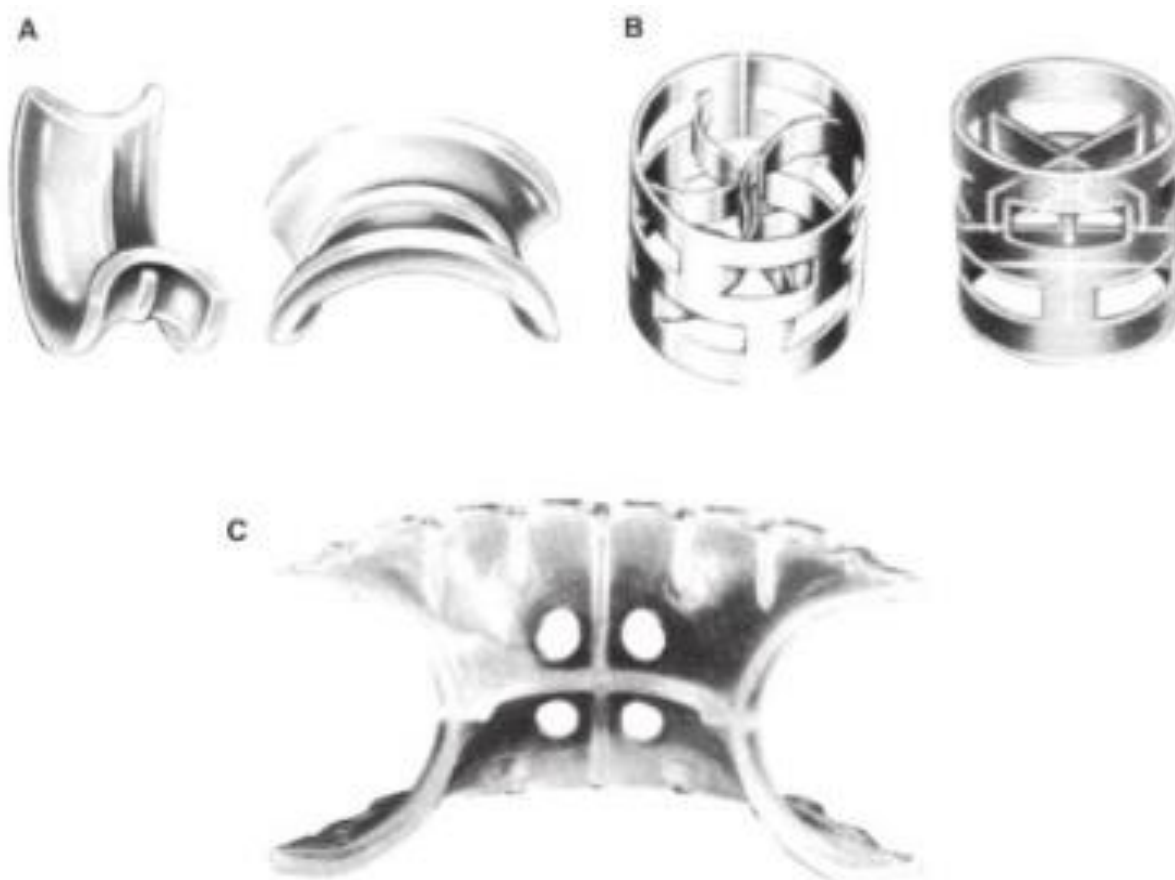


Figure I.11 Exemple de garnissages en Vrac de 2^{ème} génération

* Troisième génération constituée d'une très grande variété de garnissages, le plus souvent en métal ou en plastique, caractérisés par une plus grande porosité que les précédents (fig.I.12) . Nous ne pouvons pas tous les citer ici et nous nous limitons à quelques types caractéristiques : Intalox , cascade Miniring ,Chempak , Nutter ring , etc.

En ce qui concerne les matériaux utilisés , on a le choix entre céramique ou porcelaine (bon marché et résistants à la corrosion , mais fragiles), l'acier (moins épais , donc offrant une plus grande fraction de vide , mais plus cher) ou le plastique peu coûteux , léger , mais limité en température (par exemple , polypropylène). Les matériaux plastiques ont par ailleurs des propriétés de surface qui ne facilitent pas le mouillage par liquide.

Les contacteurs gaz-liquide pour colonne à Distiller les garnissages

Les anneaux Lessing ont une cloison médiane qui augmente la surface d'environ 20% par rapport aux anneaux Raschig . Toutefois, cette augmentation

Porte sur la surface intérieure, qui est la moins efficace. D'autres anneaux sont divisés en trois ou quatre compartiments par des cloisons.

Les anneaux Pall , souvent utilisés , sont percés de fentes prolongées par des languettes vers l'intérieur . Ils sont plus difficiles à fabriquer que les anneaux Raschig , mais leurs performances sont très supérieures : pour la même dimension et la même épaisseur de paroi , le débit est de 50 à 100% plus grand à perte de charge égale ou bien la perte de charge est de 50 à 70% inférieure à débit égal . De plus, l'efficacité au débit optimal est 10 à 50 % plus élevée.

D'autres types de garnissage sont parfois intéressants, bien que d'un prix plus élevé que les anneaux : ce sont les éléments en forme de selle, dont les plus connues sont les selles de Berl et les selles Intalox . Leurs formes profilées assurent une perte de charge plus faible pour une surface de contact relativement grande.

Les selles Intalox permettent des débit de 20 à 25% plus élevés que les anneaux Raschig . Les performances des selles de Berl sont légèrement inférieures. Cependant, grâce à leur forme, ces garnissage sont mieux mouillés que les anneaux ; d'autre part, la tendance à la formation de chemins préférentiels est réduite.

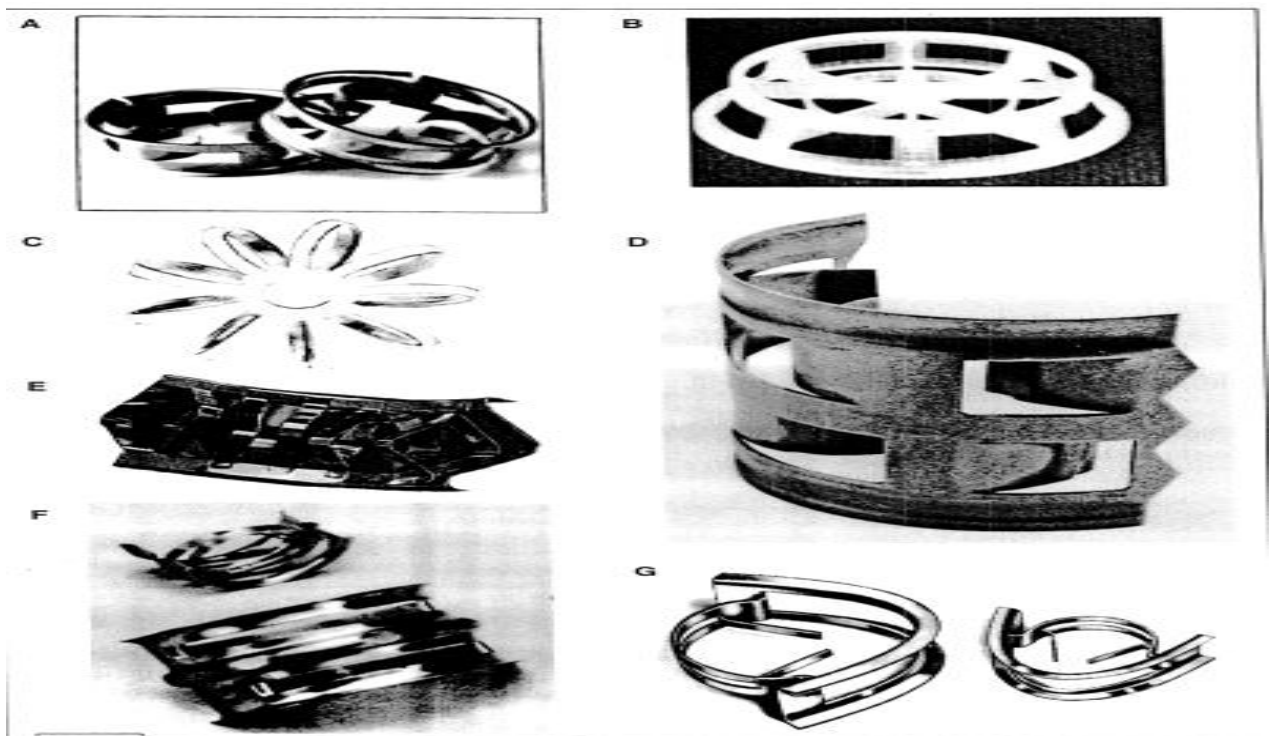


Figure I.12 Exemple de garnissages en vrac de 3^{ème} génération

I.3.2 Garnissage structurés

D'autres formes de garnissage sont employées dans les colonnes industrielles, par exemple, des grilles ou des treillages métalliques assemblés suivant des géométries variées. Divers types ont été proposés, mais leur efficacité n'a été pleinement reconnue qu'après que des progrès considérables aient été réalisés en ce qui concerne l'irrigation en tête de colonne. En effet, avec les garnissages structurés, il est très important de réaliser une excellente répartition du liquide au sommet de la couche de garnissage, qui n'assure que médiocrement la redistribution radiale des phases.

On trouve ainsi des garnissages proposés par Sulzer, Goodloe, Koch, Glitsch ou Nutter. Ils sont généralement fabriqués à partir de fines tôles de métal percées de petits trous, gaufrés et/ou plissées, empilées en couches maintenues avec un certain espacement par le relief des gaufrures ou des plis (fig. 2.4). Les écoulements de la vapeur et du liquide sont donc contrariés par ces couches successives et canalisés dans les interstices dont la direction est alternée.

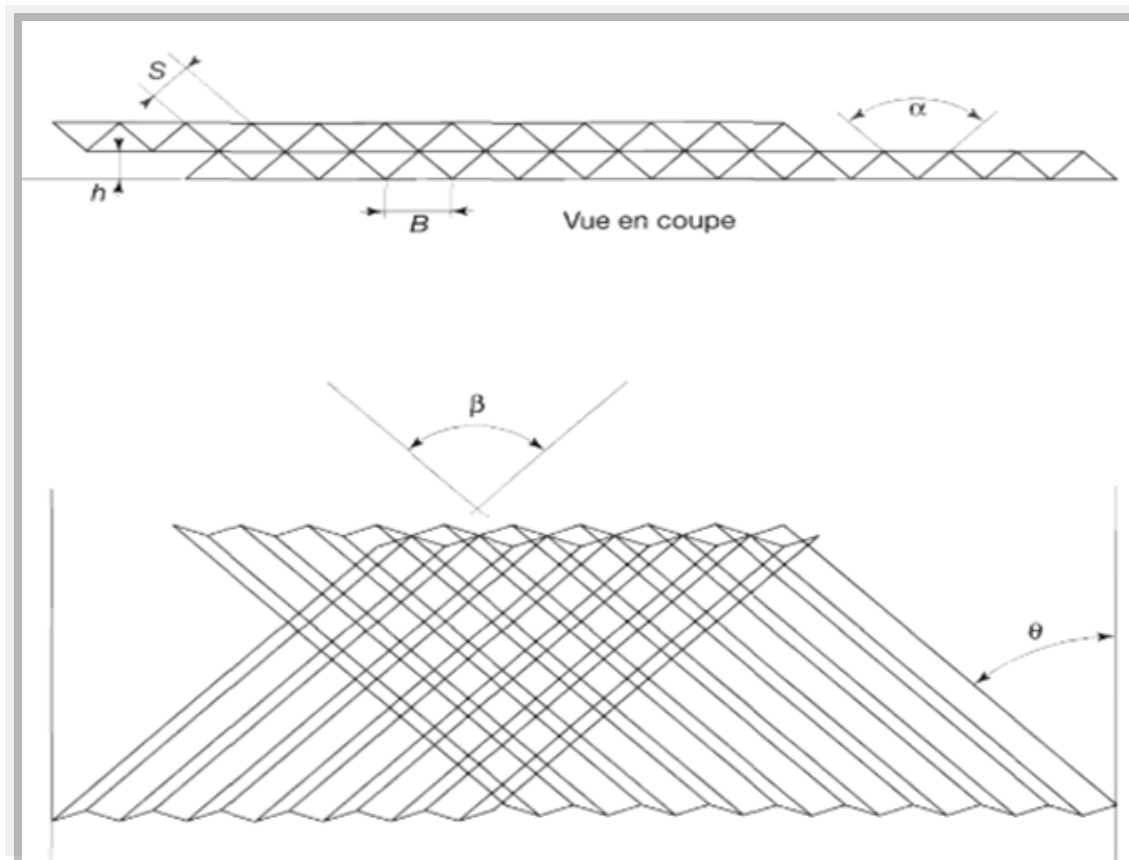


Figure I.13 Schéma montrant la géométrie des garnissages structurés



Figure I.14 Garnissage structuré

Ces garnissages sont assemblés en blocs cylindriques ou parallélépipédiques tels que la colonne puisse être complètement remplie par empilement de ces blocs (fig.I.15).

I .3.3 Les grilles

Les grilles, généralement en métal. Sont en fait issues, dans leur principe, des grilles en Bois utilisées autrefois dans les tours de refroidissement .Il s'agit

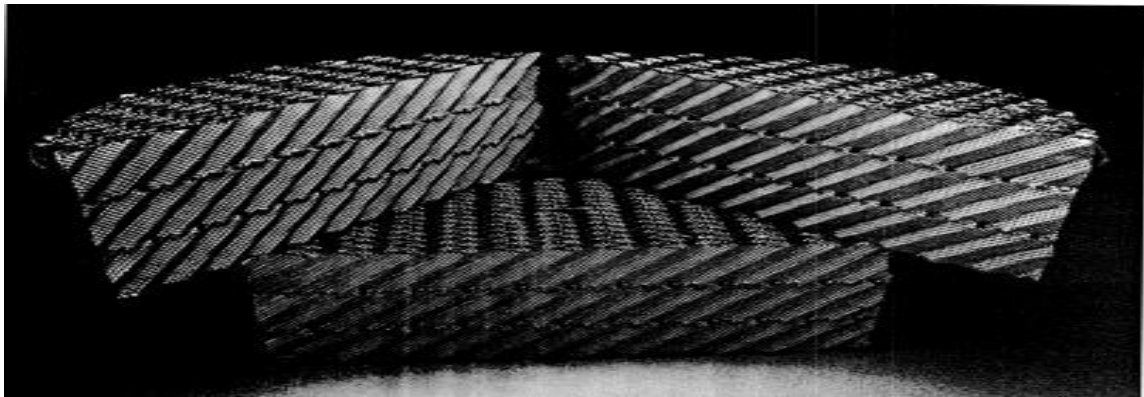


Figure I.15 Photo d'un garnissage structuré Intalox (Norton,1993)

De couches alternées de grilles métalliques plus ou moins élaborées, obtenues comme pour les garnissages structurés à partir de tôles qui sont gaufrées ou plissées, et largement perforées. La caractéristique principale de ces grilles est le taux de vide élevé, conduisant à une perte de charge réduite, une forte capacité et une relative tolérance pour les particules solides qui pourraient être en suspension dans le liquide.

Les divers fournisseurs de garnissage (Glitsch , Koch, Sulzer) proposent de telles grilles , qui trouvent des applications essentiellement dans les tours de distillation sous vide. à titre d'exemple, nous donnons quelques caractéristiques de grilles proposées par Glitsch (1986) sous l'appellation EF25A (Fig.I.16)

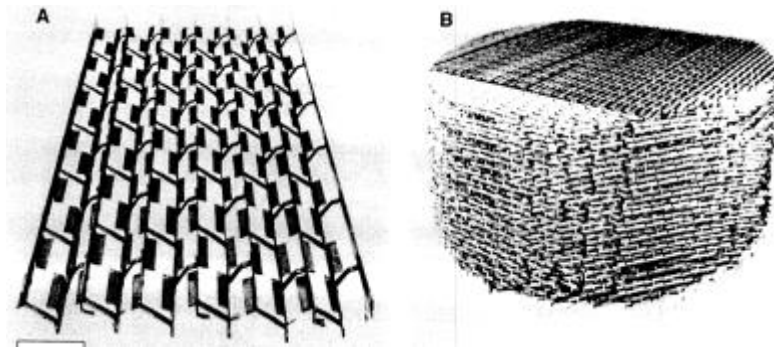


Figure I.16 Photographie d'une grille Glitsch EF25A

I.4 Description de INTALOX

Combiné d'exécution caractéristique d'exécution avec une corrélation unique d'estimation (de capacité efficace).

La capacité plus élevée de l'emballage structuré par Intalox est fournie par une combinaison : Une surface agressivement texturée inversion de plissement dans chaque couche d'emballage, d'autres dispositifs géométriques de propriété industrielle.

L'emballage structuré par Intalox est avec succès employé dans une variété de taux à haute pression en plus des applications habituelles dans le les processus atmosphériques.

Les textures extérieures agressives de l'emballage structuré par Intalox fournissent l'excellent mouillage extérieur, lui faisant un emballage préféré dans des applications aqueuses de distillation.

Les caractéristiques physiques uniques de l'emballage structuré par Intalox montrent leur avantage dans les tailles plus grandes de cuir embouti de plissement en fournissant :

- ✓ l'efficacité supérieure a comparé à d'autres emballages structurés de superficie semblable
- ✓ excellentes caractéristiques de chute de capacité et de pression

I.5 La colonnes et garnissage

I.5.1 Avantages :

- ✓ Elles sont moins chères que les colonnes à plateaux, surtout si le diamètre de la colonne n'est pas trop grand.
- ✓ Elles sont bien adaptées pour fonctionner dans un environnement acide et corrosif ;
- ✓ Comme le liquide est peu agité, il est possible d'utiliser les absorbants qui ont tendance à mousser.
- ✓ Elles peuvent atteindre une grande efficacité d'absorption pour beaucoup de gaz.
- ✓ La faible rétention du liquide peut être aussi un avantage, principalement si l'absorbant est sensible à la température.

I.5.2 Inconvénients :

- ✓ Les particules solides présentes dans la phase liquide ou gazeuse peuvent facilement bloquer l'écoulement des phases au niveau du garnissage.
- ✓ Si le débit du liquide pour une raison quelconque diminue, la surface de garnissage ne pourra pas être mouillée correctement et la surface effective de contact diminuera.
- ✓ Les colonnes de petit diamètre et de grande hauteur nécessitent l'installation de redistributeurs de liquide.

Dimensionnement d'une colonne à garnissage

II.1 Introduction :

Dimensionner une colonne à consiste à calculer sa hauteur et son diamètre, déterminer le débit d'engorgement et calculer les pertes de charges.

II.2 Ecoulement des fluides dans les garnissages

II.2.1 Perte de charge

L'étude de l'écoulement de deux fluides à contre-courant à travers un lit de particules solides a fait l'objet de nombreux travaux.

Si, dans une colonne à garnissage, le débit de gaz est augmenté progressivement en laissant fixe le débit de liquide, la perte de charge ΔP subie par le gaz croît. Pour un débit de liquide nul, la variation de la perte de charge ΔP en fonction du débit gazeux G peut être représentée par une droite en coordonnées logarithmiques. Pour un débit de liquide donné, la variation a la même allure pour des débits gazeux assez faibles : bien que supérieure à celle obtenue en l'absence de liquide, la perte de charge est sensiblement proportionnelle au carré de la vitesse du gaz. On a observé que dans ces conditions la rétention du liquide dans le remplissage est à peu près indépendante de G et dépend seulement du débit liquide L .

$$\Delta P = \alpha \times 10^{\beta L} \times \frac{G^2}{\rho_G} \quad (\text{II.1})$$

Δp en Pa/m de hauteur garnie

L et G sont les débits massiques de liquide et de gaz par unité de surface de section droite de la colonne

ρ_G la masse volumique du gaz

α et β des constantes caractéristiques du garnissage.

II.2.2 capacité

En ce qui concerne la prévision des limites d'engorgement, un certain nombre de corrélations empiriques ont été proposées. Les plus utilisées sont dérivées de celle établie par Sherwood et al. Dès 1938 pour des garnissages d'anneaux en vrac, et reprise par Eckert (1970). Cette corrélation permet le calcul de vitesse du gaz à l'engorgement à l'aide d'une relation graphique entre les deux groupes :

$$A = \frac{U_{Gf}^2 \times \alpha_p \times \psi}{g \varepsilon^3} \left(\frac{P_G}{P_L} \right) \mu_L^{0.2} \quad \text{et} \quad B = \frac{L}{G} \sqrt{\frac{P_G}{P_L}}$$

Dans lesquels les termes ont les significations suivantes :

U_{Gf} vitesse du gaz à l'engorgement dans la colonne supposée vide (m/s)

α_p Surface spécifique du garnissage (m^{-1})

ε fraction de vide du garnissage

Dimensionnement d'une colonne à garnissage

L débit massique de liquide ($\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$)

G débit massique de gaz ($\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$)

μ_L viscosité du liquide (cP)

$$\text{Et } \psi = \frac{P_{H_2O}}{P_L}$$

Ces courbes peuvent être représentées sous forme d'équations :

Relation d'engorgement :

$$\ln(A_{\varepsilon}) = 0,1117 - 4,012 \times B^{0.25} \quad (\text{II.2})$$

$$\text{Perte de charge : } \frac{\Delta P}{H} = 98 \frac{A}{A_{\varepsilon}} \left[K_1 + K_2 \frac{A}{A_{\varepsilon}} \right] \text{Pa/m} \quad (\text{II.3})$$

$$\text{Avec:} \quad K_1 = 21,79 - 36,19 \times B^{0.25} + 16,60 \times B^{0.5}$$

$$K_2 = 07,06 + 10,30 \times B^{0.25} - 10,36 \times B^{0.5}$$

$$U_{Gf}^2 \frac{P_G}{P_L} = 2 \frac{(\varepsilon - \varepsilon_{Lf})^3 \varepsilon_{Lf}}{\varepsilon \alpha_p} C_i^2 \left[B \left(\frac{\mu_L}{\mu_G} \right)^{0.2} \right]^{-n_i} \text{ et } B = \frac{L}{G} \sqrt{\frac{P_G}{P_L}} \quad (\text{II.4})$$

B étant le paramètre précédemment défini

Pour $B \leq 0,4$, $i = 1$ et $n_1 = 0,388$

Pour $B > 0,4$, $i = 2$ et $n_2 = 1,416$

C_1 et C_2 sont des constantes caractéristiques du garnissage Par ailleurs la rétention à l'engorgement ε_{Lf} est obtenue par la relation

Suivante :

$$\varepsilon_{Lf}^3 (3\varepsilon_{Lf} - \varepsilon) = 6\varepsilon \frac{R_{\varepsilon L}}{G_{aL}} \quad (\text{II.5})$$

ε_{Lf} Est solution de cette équation du quatrième degré; mais seule la solution comprise entre $\varepsilon/3$ et ε est acceptable.

Le nombre de Reynolds est calculé à l'engorgement :

$$R_{\varepsilon L} = \frac{P_L U_{LL}}{\alpha_p \mu_L} \quad (\text{II.6})$$

Et le nombre de Galilée est classiquement

Dimensionnement d'une colonne à garnissage

$$G_{aL} = \frac{g P_L^2}{\mu_L^2 \alpha_P^2} \quad (\text{II.7})$$

Plus récemment, Kister (1992) a proposé une relation simple entre la perte de charge à l'engorgement et le facteur de garnissage :

$$\Delta P_f = 41 \times F_P^{0.7} (\text{Pa/m}) \quad (\text{II.8})$$

Grammes sous la forme semi-logarithmique, pour faire apparaître une forme d'équation du type :

$$C_0 = A - 0.06 \times \log(B) \quad (\text{II.9})$$

Ainsi Kister et Gill (1992) ont rassemblé la plupart des données connues, concernant aussi bien les garnissages en vrac ou structurés que les grilles, sous forme de courbes analogues à celles de Eckert, avec une ordonnée légèrement modifiée :

$$F_P^{0.5} \left(\frac{\mu_L}{P_L} \right)^{0.05} U_{Gs} \sqrt{\frac{P_G}{P_L - P_G}} \quad (\text{II.10})$$

On peut ainsi obtenir la capacité effective C_s :

$$C_s = C_0 \left(\frac{\sigma}{20} \right)^{0.16} \left(\frac{\mu_L}{0.2} \right)^{-0.11} \quad (\text{II.11})$$

II.2.3 Rétention (Hold-up)

La prévision de la rétention liquide dans une colonne à garnissage a également été l'objet de corrélations empiriques. Cette caractéristique, bien que moins importante que les limites d'engorgement, est parfois intéressante, surtout pour les distillations discontinues, où elle constitue un facteur important de la précision avec laquelle sont successivement séparés les constituants du mélange.

La rétention est le volume de liquide par unité de volume de la colonne. La rétention statique correspond au liquide qui reste emprisonné dans le remplissage quand on vide la colonne. Il s'y ajoute en cours de fonctionnement la rétention dynamique ou opératoire ; la somme des deux donne la rétention totale.

Mackowiak (1989) a proposé la formule simplifiée suivante :

$$h_L = \frac{0.13}{\varepsilon} \left(\frac{\mu_L}{P_L} \right)^{1/6} [U_L \alpha_P]^{0.5} \quad (\text{II.12})$$

Avec h_L : rétention dynamique, en volume de liquide par unité de volume occupé par le garnissage.

Cette corrélation peut être utilisée en dessous de 65% de l'engorgement.

Avec les limitations suivantes :

Dimensionnement d'une colonne à garnissage

$$0,57 < \varepsilon < 0,99$$

$$56 < a_p < 425 m^{-1}$$

$$930 < P_L < 1120 kg/m^3$$

$$0,6 < \mu_L < 14 \text{ cP}$$

$$0,15 < Re_L < 200$$

II.2.4 Débit liquide minimum d'irrigation

Un débit minimum de liquide est nécessaire pour obtenir un film à la surface du garnissage. Ce débit minimum, Q_{Lm} , peut se calculer à partir de différentes expressions qui prennent en compte les propriétés interfaciales du système gaz-liquide-solide. Ces dernières, en particulier l'angle de contact, ne sont pas toujours connues et la corrélation proposées sont à utiliser avec prudence. Même si elles sont basées sur une analyse théorique, comme la relation due à Schmidt :

$$Q_{Lm} = 0,24 \frac{C_L^{2/3}}{(1-T_L)^{0,5} \times a_p^{0,5}} \quad (\text{II.13})$$

$$C_L = \frac{P_L \sigma^3}{\mu_L^4} \quad \text{et} \quad T_L = 0,9 \left(\frac{U_{GS}}{U_{Gf}} \right)^{2,8} \quad (\text{II.14})$$

Q_{Lm} en $m^3/h \cdot m^2$ de section de colonne, μ_L en cP et σ en dyn/cm.

Cette corrélation n'est applicable que dans les domaines suivants :

$$P < 1 \text{ atm}$$

$$L/G : 0,5 \text{ à } 1,25$$

$$\text{Nombre de Galilée} : 2,7 \times 10^4 \text{ à } 3,6 \times 10^7$$

$$\text{Angle de contact} : 8-20 \text{ degrés}$$

Matériau du garnissage : céramique, acier

D'autres auteurs proposent de prendre des valeurs proportionnelles à a_p :

$$Q_{Lm} \geq 3,5 \times 10^{-3} \left(\frac{\sigma}{\sigma_c} \right)^2 a_p \quad (\text{II.15})$$

σ_c est la tension interfaciale critique dépendant du matériau constituant le garnissage :

71 dyn/cm pour l'acier

61 dyn/cm pour la céramique

73 dyn/cm pour le verre

Dimensionnement d'une colonne à garnissage

40dyn/cm pour le PVC

33dyn/cm pour le polypropylène.

Les garnissages structurés présentent de meilleures caractéristiques au niveau du mouillage :

Des valeurs de Q_{Lm} égales à 0,25 pour les tôles gaufrées et à 0,12 pour les toiles métalliques acceptables en pratique.

II.2.5 Efficacité des garnissages

L'efficacité d'une colonne à garnissage est une mesure de la qualité de la séparation réalisée dans l'appareil. Alors que pour les colonnes à plateaux l'étude de l'efficacité conduit à une correspondance entre le nombre de plateaux théoriques et le nombre de plateaux réels, ici on en déduira la hauteur de garnissage nécessaire pour réaliser une séparation donnée.

- Unités de transfert individuelles ou de film :

$$\text{Liquide: } N_L = \int_{x_1}^{x_2} \frac{dx}{x_i - x} \quad \text{HTU}_L = \frac{L_M}{k_L a_{GL}}$$

$$\text{Gaz } N_G = \int_{y_1}^{y_2} \frac{dy}{y_i - y} \quad \text{HTU}_G = \frac{G_M}{K_G a_{GL}}$$

- Unités de transfert globales :

$$\text{Liquide: } N_{OL} = \int_{x_1}^{x_2} \frac{dx}{x^* - x} \quad \text{HTU}_{OL} = \frac{L_M}{K_L a_{GL}}$$

$$\text{Gaz: } N_{OL} = \int_{x_1}^{x_2} \frac{dy}{y^* - y} \quad \text{HTU} = \frac{G_M}{K_G a_{GL}} \quad (\text{II.16})$$

Pratiquement, pour calculer la hauteur de garnissage H nécessaire à la réalisation d'une séparation donnée, on utilise les formules suivantes :

$$H = N \times \text{HETP en étages théoriques} \quad (\text{II.17})$$

$$H = N_{OG} \times \text{HTU}_{OG} \quad \text{ou} \quad H = N_{OL} \times \text{HTU} \quad (\text{II.18})$$

en unités de transfert.

Les formules faisant intervenir N_G et N_L , sont d'un emploi moins commode, car elles nécessitent la connaissance des concentrations à l'interface. Il existe une relation entre HETP et HTU :

$$\text{HETP} = \text{HTU} \frac{\ln(\lambda)}{\lambda - 1} \left(\text{avec } \lambda = \frac{m G_M}{L_M} \right) \quad (\text{II.19})$$

m est la pente de la courbe d'équilibre.

Dimensionnement d'une colonne à garnissage

Le groupe λ est le rapport des pentes de la courbe d'équilibre et de la courbe opératoire. En général, on peut admettre que L_M/LG_M est constant (courbe opératoire assimilable à une droite). Par contre, m peut varier sensiblement : on prend alors une valeur moyenne; c'est en particulier le cas en distillation où il est préférable de considérer séparément zone de rectification et zone d'épuisement.

Les nombres N , N_{OG} ou N_{OL} peuvent être calculés, algébriquement ou graphiquement, à partir des données d'équilibre et des conditions opératoires (rapport des débits et rendement de l'opération ou pureté des produits). Ils sont indépendants de l'architecture de l'appareil.

II.2.6 Estimation des HETP

Il existe un certain nombre de relations empiriques simples permettant d'estimer la HETP d'un garnissage en vrac, telles que :

$HETP(m) = K d_p$ (cm) pour des colonnes de faible diamètre et des garnissages du genre anneaux de Pall, K variant suivant la taille du garnissage :

$K=0,14$ à $0,20$ pour $d_p = 2,5\text{cm}$

$K= 0,12$ à $0,18$ pour $d_p = 3,8\text{cm}$

$K= 0,10$ à $0,18$ pour $d_p = 5,1\text{cm}$

Pour les garnissages structurés, Kister (1992) propose la formule suivante :

$$HETP = 1.22 + \frac{1200}{a_p} \quad (\text{II.19})$$

Par exemple, pour les garnissages Intalox de Norton, la brochure du fabricant propose les corrélations suivantes pour estimer HETP :

$$HETP = A \left[\frac{\sigma}{20} \right]^{-0.15} (1.78^{\mu_L}) \quad \text{Pour } \mu_L \leq 0,4 \text{ cP} \quad (\text{II.20})$$

$$HETP \left(\frac{\mu_L}{0.2} \right)^{0.21} \quad \text{pour } \mu_L > 0,4 \text{ cP} \quad (\text{II.20})$$

On se place généralement à 75-80% de cette valeur maximale, pour calculer la section de la colonne :

$$A_c = \frac{Q_G}{C_G \sqrt{P_L - P_G}} \quad (\text{II.21})$$

II.2.7 Estimation des HTU

Un certain nombre de corrélations ont été établies pour le calcul des valeurs de film HTU_L . Pour passer aux HTU globales on utilise les formules suivantes :

$$HTU_{OG} = HTU_G + \lambda \times HTU_L \quad (II.22)$$

$$HTU_{OL} = HTU_L + \lambda \times HTU_G \quad (II.22)$$

La corrélation de Onde (1972) a en particulier été établie pour les garnissages en vrac utilisés en absorption gaz-liquide :

$$\frac{k_G}{a_P D_G} = 5.23 \times Re_G^{0.7} \times Sc_G^{1/3} (a_P d_P)^{-2} \quad (II.23)$$

$$K_L \left(\frac{P_L}{g \mu_L} \right)^{1/3} = 0.015 \left(Re_L \frac{a_P}{a_W} \right)^{2/3} Sc_L^{-0.5} (a_P d_P)^{0.4} \quad (II.24)$$

Avec

$$\frac{a_W}{a_P} = 1 - \exp \left[-1.45 \times Re_L^{0.1} \times Fr_L^{-0.05} ; W_L^{0.2} \left(\frac{\sigma_c}{\sigma} \right)^{0.75} \right] \quad (II.25)$$

a_W est l'aire du garnissage mouillée par la phase liquide et donc supposée être l'aire interfaciale de contact gaz-liquide

σ_c est la tension interfaciale critique déjà utilisée pour calculer le débit minimum d'irrigation

Les nombres sans dimension ont les définitions suivantes :

$$Re_i = \frac{P_i U_{si}}{a_P \mu_i} \quad (i=G \text{ ou } L) \quad (II.26)$$

$$Sc_i = \frac{\mu_i}{D_i P_i} \quad (i=G \text{ ou } L) \quad (II.27)$$

$$Fr_L = \frac{a_P U_{sL}^2}{g} \quad (II.28)$$

$$W_{sL} = \frac{P_L U_{sL}^2}{a_P \sigma} \quad (II.29)$$

Bravo et Faire (1982) ont utilisé cette corrélation pour la distillation et proposé pour le calcul l'aire effective de contact la relation suivante :

$$a_s = 0.62 \times a_P \times \sigma^{0.5} \times H^{-0.4} (Ca_L \times Re_G)^{0.392} \quad (II.30)$$

Avec :

$$Ca_L = \frac{U_{sL} \mu_L}{\sigma} \quad (II.31)$$

H étant la hauteur du garnissage.

Les HTU se calculent alors comme suit :

$$HTU_G = \frac{U_{sG}}{K_G a_s} \quad (II.32)$$

$$HTU_L = \frac{U_{sL}}{K_L a_s} \quad (II.33)$$

Dimensionnement d'une colonne à garnissage

II.2.8 Calcul de dimensionnement d'une colonne à garnissage

Il s'agit d'un dépropaniser traitant 1000 km/h de charge, dont 60% est soutiré en tête et 40 % en fond. On choisit un plateau en fond de colonne où les débits liquide et vapeur sont maxima. Les débits et propriétés des phases à ce point sont donnés ci-dessous :

	Liquide	Vapeur	Unités
Débit masse	84 111	58 564	Kg/h
Masse Volumique	435.6	57.9	Kg/m ³
Débit Volumique	193.1	1011.5	m ³ /h
Viscosité	0.113		Cp
Tension Interfaciale	2.84		Mn/M

Pour ce type de distillation on prend un facteur de système SF=0.9. On doit alors choisir le type de garnissage à utiliser. Prenons le garnissage en vrac IMTP en métal, de taille 25 mm , pour lequel on dispose de données provenant du fournisseur (Norton1987).

- 1) Calcul de l'engorgement par la vapeur .On calcule le paramètre des débits B :

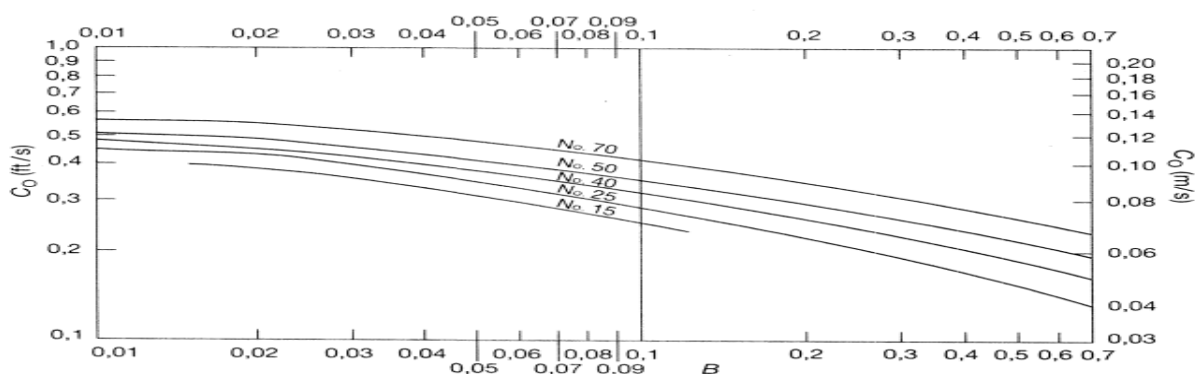


Figure II.1Exemple de représentation graphique des débits maximum acceptables pour un garnissage (d'après Norton ,1987)

$$B = \frac{L}{G} \sqrt{\frac{P_G}{P_L}} = 0.5236$$

On peut également utiliser l'équation (I.1) avec les coefficients appropriés et obtenir $C_0 = 0.045$ m/s

Le fournisseur de ce garnissage recommande de corriger la valeur de C_0 en tenant compte des propriétés physiques selon l'équation (I.11)

$$C_s = C_0 \left[\frac{\sigma}{20} \right]^{0.16} \left[\frac{\mu_L}{0.2} \right]^{-0.11}$$

Dimensionnement d'une colonne à garnissage

En se plaçant à 75% de l'engorgement, on obtient la vitesse maximum de la vapeur à adopter :

$$U_{max}=0,75 \times SF \times U_{Gf}=0,061 \text{ m/s}$$

La section de la colonne est alors obtenue, comme suit :

$$\text{Section} = \frac{Q_v}{U_{max}} = 4,6 \text{ m}^2$$

et le diamètre se calcule facilement : $D_T = 2,42 \text{ m}$

A titre de comparaison, pour la colonne à plateaux, le diamètre calculé était de 1,90 m, donc légèrement inférieur.

- 2) Le calcul de la hauteur de garnissage à utiliser se fait alors sur la base de la HETP ; on doit réaliser 11 plateaux théoriques

On peut calculer la HETP du garnissage choisi en utilisant l'équation (I.18) :

Avec $A = 0,351$. On obtient : $\text{HETP} = 0,51 \text{ m}$

Le fournisseur conseille de prendre un coefficient de sécurité de 1,13 pour tenir compte des imperfections possibles de la distribution des fluides

La hauteur de garnissage nécessaire à notre séparation est donc :

$$H = 11 \times 0,51 \times 1,13 = 6,36 \text{ m}$$

On retiendra 6,4 m. On se trouve à la limite maximum de la hauteur recommandée pour un lit de garnissage. La hauteur de la colonne à garnissage sera donc plus faible que celle de la colonne à plateaux, la HETP étant inférieure à l'espacement entre plateaux.

- 3) Il faut maintenant calculer la perte de charge à travers le garnissage.

On peut utiliser l'abaque donné par le fournisseur de garnissage

qui permet de lire la perte de charge en fonction de B en abscisse et du produit $\gamma = F \times C_s^2 (1000 \times \frac{\mu_L}{\rho_L})^{0,1}$ en ordonnée. Le coefficient F dépend de la taille du garnissage et vaut 441 pour 25 mm.

On obtient ainsi $\gamma = 0,22$ et on peut lire sur l'abaque la perte de charge correspondante : $\Delta P/H = 6,5 \text{ mm H}_2\text{O}$ par mètre.

Cette valeur, comparée aux chiffres recommandés pour les pertes de charge maxima dans la colonne, apparaît tout-à-fait acceptable.

La perte de charge totale sera donc : $41,6 \text{ mm H}_2\text{O}$

- 4) Un distributeur de liquide est alors sélectionné, par exemple du type à gouttières avec orifices latéraux prolongés par des tubes coudés.

Dimensionnement d'une colonne à garnissage

Un tel calcul se prête bien à être effectué au moyen d'un tableur, tel qu'Excel, de manière à le répéter en variant les conditions opératoires et à rechercher ainsi la meilleure solution.

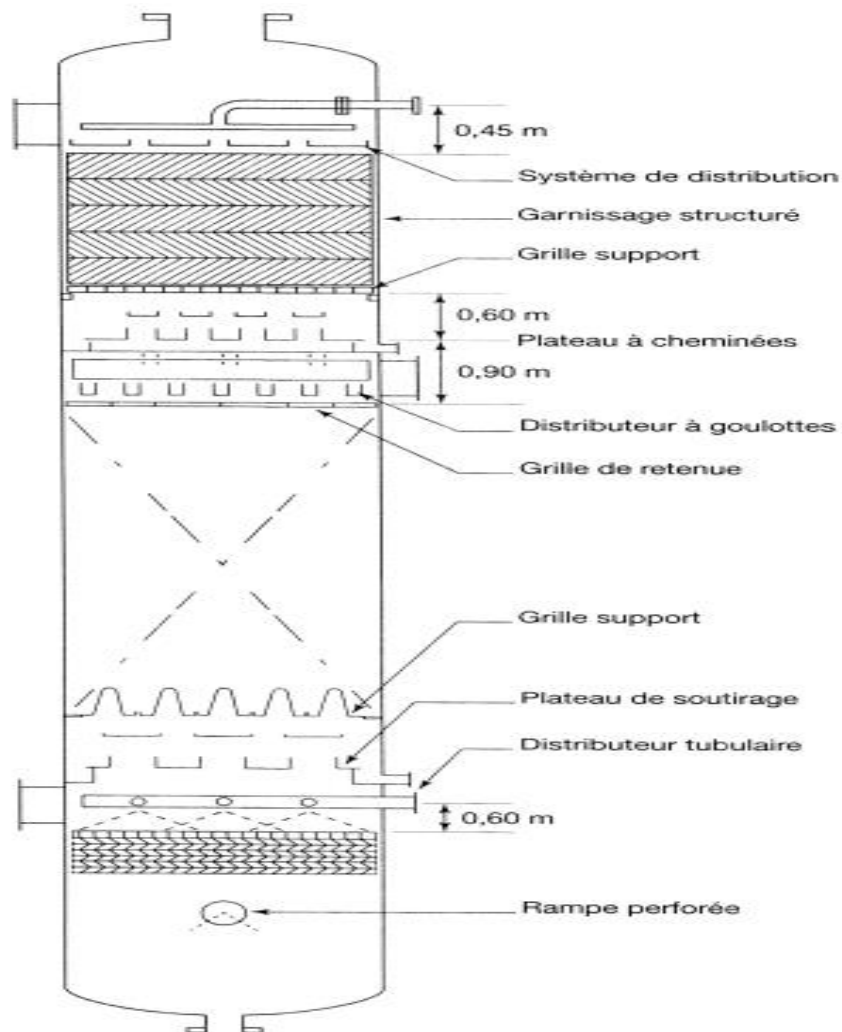


Figure II.2 la meilleure solution.

II.2.9 Calcul mécanique :

II.2.9.1 Résistance de la virole dans chaque section de la colonne

Pour le calcul des appareils à paroi mince ($\frac{e_r}{D_t} < 0,1$), on utilise l'équation de LAPLACE

$$\frac{P}{e_r} = \frac{\sigma_z}{P_z} + \frac{\sigma_t}{P_t}$$

Pièces	Nom du matériau	Limite d'élasticité (MPa)	Limite de la résistance (MPa)
Virole	A 516 GR 70	260	485
Fonds	A 516 GR 70	260	485
Boulons	JIS G 3454	205	450

Tableau II.1 Matériaux de construction

Avec

P : pression interne

e_r : Epaisseur de la résistance

σ_z : Contrainte axiale parallèle à Z

σ_t : Contrainte tangentielle

P_z : Rayon de courbure de la direction de σ_z : $P_z = R_m$

P_t : Rayon de courbure de la direction de σ_t : $P_t = \infty$

Comme dans le cas d'une configuration cylindrique $P_t = \infty$ alors le second terme de l'équation de LAPLACE s'annule ce qui nous permet d'écrire :

Dans les différentes sections de la colonne, la condition suivante doit être vérifiée

$$\sigma_z = \frac{P \times R_m}{e_r} \leq [\sigma] \times \Phi$$

Φ : coefficient de diminution de la résistance du au

$[\sigma]$: Caractéristique des matériaux, fonction de la limite d'élasticité (σ_e) et de rupture (σ_r)

$$[\sigma] = \min \left\{ \frac{\sigma_e^{tc}}{n_e} \mid \frac{\sigma_r^{tc}}{n_r} \right\}$$

n_e, n_r : Coefficients de sécurité : $n_e = 1,5$ et $n_r = 3$ (norme AFNOR)

$$\checkmark \quad \sigma_e^{tc} = K \times \sigma_e^{20^\circ C}$$

Dimensionnement d'une colonne à garnissage

- ✓ Si $20^{\circ}\text{C} \leq t_c \leq 350^{\circ}\text{C}$ alors $\sigma_r^{t_c} = \sigma_s^{20^{\circ}\text{C}}$
- ✓ Si $t_c \geq 350^{\circ}\text{C}$ alors $\sigma_r^{t_c} = k \times \sigma_s^{20^{\circ}\text{C}}$

Avec :

t_c : Température de calcul

K : coefficient tenant compte de l'influence de la température sur les caractéristiques mécaniques du matériau, déterminé graphiquement

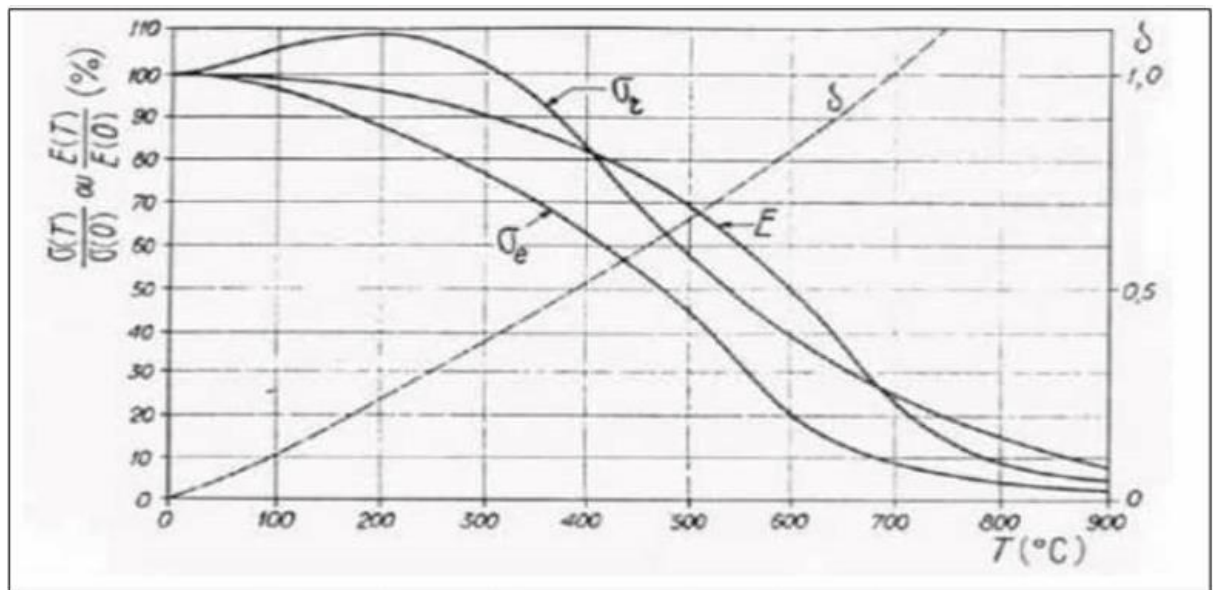


Figure II.3: coefficient K en fonction de la température

$$e_r = \frac{P_c \times D_I}{2\varphi[\sigma] - P_c}$$

Partie inférieur :

$$e_v = e_r + (e_1 + e_2 + e_3)$$

Avec :

e_r : Epaisseur de la résistance de la virole

e_v : Epaisseur réelle de la virole, donnée

e_1 : Surépaisseur de la corrosion, donnée

e_2 : Surépaisseur de tolérance négative, donnée

Dimensionnement d'une colonne à garnissage

e_3 : Surépaisseur tenant compte des charges supplémentaires (vent, séisme) pour les équipements verticaux, choisi à partir du tableau

Hauteur (m)	e_3 (mm)
< 20	1 ÷ 2
20 ÷ 40	3 ÷ 4
> 40	4 ÷ 6

Tableau II. 2 Choix de e_3 en fonction de hauteur

Comme la hauteur est $H = 6360 \text{ mm}$ alors $e_3 = 2$

$$e_r = 19,025 \text{ mm}$$

$$3 \leq e_r \leq 80 \text{ mm}$$

$$0.8 \leq e_2 \leq 1.3 \text{ mm}$$

$$e_2 = 0.92 \text{ mm}$$

$$e_v = 25,115 \text{ mm} \cong 26 \text{ mm}$$

Le rayon est donné par la relation suivante :

$$R_m = \frac{D_i + e_v}{2}$$

Le résultat :

$$\sigma_t = 121,14 \text{ MPa} \leq [\sigma] \times \varphi = 156 \text{ MPa}$$

On remarque bien que résistance du fond supérieur est vérifiée.

II.2.9 .2 Vérification de la résistance des fonds de la colonne

La colonne a garnissage à des fonds de forme elliptique

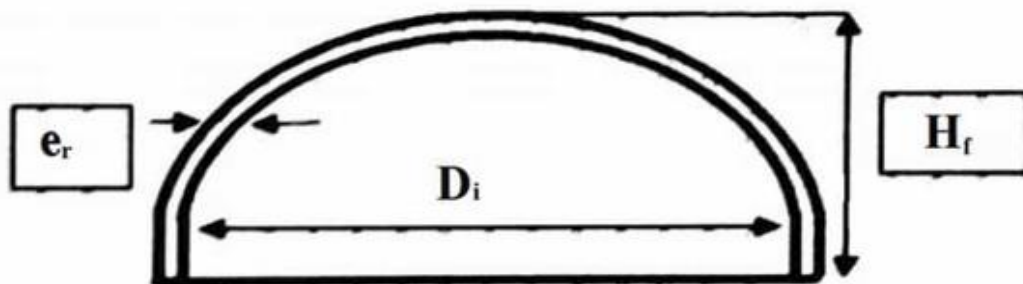


Figure II.4 Représentation d'un fond elliptique

Dimensionnement d'une colonne à garnissage

La condition de la résistance des fonds est [11 ,14] :

$$\sigma_t = \frac{\gamma \times P_c \times R_m}{e_f} \leq [\sigma] \times \varphi$$

Le coefficient de diminution de la résistance du au soudage pour les fonds $\varphi = 1$

γ : Le facteur de forme de fond dépend du rapport $\left(\frac{D_t}{H}\right)$. Sa valeur est donnée par la formule suivant :

$$\gamma = \frac{1}{6} \left[2 + \left(\frac{D_t}{2H_f} \right)^2 \right]$$

$$\text{Si } \gamma = 1 \rightarrow \frac{H}{D_t} = 0,25$$

II.2.9.3 La résistance du fond inférieur

$[\sigma]$ et P_c : oncles même valeur.

✓ La Hauteur $H_{F \text{ inf}} = 800 \text{ mm}$

✓ $\gamma = 0,9$

$$e_{r F \text{ inf}} = 26 \text{ mm}$$

Avec :

$e_{F \text{ inf}}$: Epaisseur de la résistance du fonde inférieur.

$e_{F \text{ inf}}$: Epaisseur du fond inférieur ($e_{F \text{ inf}} = 26 \text{ mm}$)

✓ $R_m = 1330,3 \text{ mm}$

Le résultat :

$$\sigma_t = 118,38 \text{ MPa} \leq [\sigma] \times \sigma = 138,66 \text{ MPa}$$

On remarque bien que la résistance du fond inférieur est vérifiée.

II.2.9.4 La résistance du fond inférieur lors de l'essai hydrostatique

La condition de résistance du fond lors de l'essai hydrostatique est la suivante :

$$\sigma_{fond} = \frac{P_{f \text{ inf}} \times D_m}{2 \times e_{f \text{ inf}} \times \varphi} \leq 0,9 \times \sigma_e^t$$

Avec :

D_m : Le diamètre moyen du fond.

Dimensionnement d'une colonne à garnissage

$$D_m = D_{inf} + e_r = 2446 \text{ mm}$$

σ_s^t : Limite d'élasticité la température du service (caractéristique mécanique du matériau du matériau du fond inférieur).

$$P_{finf} = P_{st} + P_{essai} = 3,11 \text{ MPa}$$

Avec :

P_{essai} : Pression d'essai hydrostatique, (pour cette colonne $P_{essai} = 2,83 \text{ MPa}$

P_{st} : Pression de l'eau contenue dans la colonne ;

$$P_{st} = \rho g H = 0,3 \text{ MPa}$$

Avec :

$$H = H_{virole} + H_{fondinf} + H_{fonssup} = 7,24 \text{ m}$$

où :

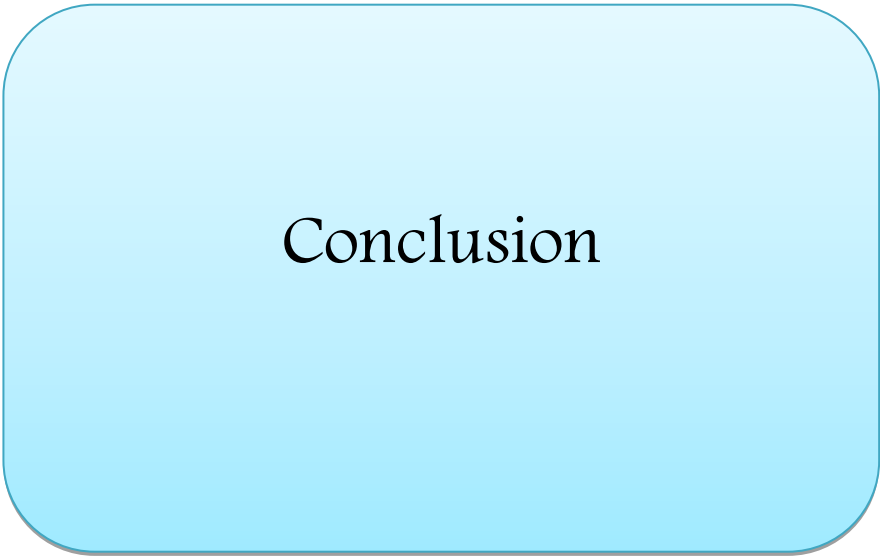
$$0,9 \times \sigma_s^t = 234 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s^t = 260 \text{ MPa}$$

Le résultat :

$$\sigma_{fond} = 204,16 \leq 0,9 \times \sigma_s^t = 234 \text{ MPa}$$

On remarque que fond inférieur résiste à l'effort de pression lors de l'essai hydrostatique.



Conclusion

Conclusion :

Conclusion :

L'étude présentée n'est que préliminaire et partielle car elle touche uniquement un des nombreux côtés de cette étude qui est liée à plusieurs facteurs dépendants et complexes.

Au cours de ce travail, l'application a été faite sur les colonnes d'absorption garnissage. Cette colonne est conçue pour étudier et faire le choix de ses organes internes et fixer leurs dimensions.

Dans la première partie de notre calcul, nous avons procédé au dimensionnement de la colonne (diamètre, hauteur, ... etc.) et à la vérification de ses paramètres hydrauliques (perte de charge, rétention), en ce basant sur deux critères importants qui sont premièrement les dimensions de la colonne qui ont une influence directe sur son prix et ces paramètres hydrauliques notamment les pertes de charges qui doivent être les plus petites possibles, néanmoins l'intégration d'un troisième critère qui consiste en une évaluation technico-économique devrait améliorer le choix effectué.

Pour conclure, calculer trois types de colonnes possibles (colonne à garnissage en vrac, colonne à garnissage structurés), les critères de choix préalablement cités indiquent que les meilleurs organes de contact pour cette séparation sont les garnissages structurés, vu qu'ils offrent l'avantage des plus faibles pertes de charges, une meilleure rétention du liquide et des plus petites dimensions comparés aux autres types de colonnes.

Bibliographie

{01}: mémoire de master Bekhouch Yousef et chérit nassereddine .thème étude et développement d'un programme de calcul d'une colonne d'absorption année 2017/2018

{02}. Pierre Trambouze Volume 4, Matériels et équipements Paru en mai 1999 Etude (broché).

{03}. Les Equipement les Colonnes manuel de formation cours exp-pr-eq100

Résumé

Dans ce mémoire, dimensionner une colonne d'absorption et étudier l'effet de l'utilisation de différents types d'organes internes sur le choix de la colonne la mieux adaptée pour une séparation donnée.

Le dimensionnement d'une colonne de séparation est un problème délicat en raison de l'importance de l'investissement qu'un tel appareil représente. Les résultats obtenus nous permettent de conclure que les dimensions et les pertes de charges obtenues pour une colonne à garnissage sont inférieures à ceux obtenues dans le cas d'une colonne à plateaux, ce qui favorise le choix des colonnes à garnissages selon les critères qu'on s'est fixé au préalable.

Mots clés : colonne à garnissage, colonne à plateaux, dimensionnement, absorption, investissement, perte de charge.

Abstract

In this thesis, to size an absorption column and study the effect of the use of different types of internal organs on the choice of the most suitable column for a separation given.

The sizing of a separation column is a delicate problem because of the importance of the investment that such a device represents. The results obtained allow us to conclude that the dimensions and the losses of charges obtained for a column with packings are lower than those obtained in the case of a column with plates, which favors the choice of columns with packing according to the criteria that we settled beforehand.

Key words: packed column, tray column, sizing, absorption, investment, pressure drop.

المخلص

في هذه المذكرة، لتغيير حجم عمود الامتصاص و دراسة تأثير استخدام أنواع مختلفة من الأعضاء الداخلية على اختيار العمود الأنسب لفصل معين.

يعد تغيير حجم عمود الفصل مشكلة حساسة نظرا لأهمية الاستثمار الذي يمثلها هذا الجهاز. تنتج لنا النتائج التي تم الحصول عليها أن نستنتج أن أبعاد و الخسائر الرسوم التي تم الحصول عليها لعمود يحتوي على عيوب أقل من تلك التي تم الحصول عليها في حالة وجود عمود يحتوي على لوحات. و التي تفضل اختيار الأعمدة مع التعبئة وفقا للمعايير التي استقرنا مسبقا.

الكلمات المفتاحية : عمود معبأ، عمود الصينية، التحجيم، الامتصاص، الاستثمار، انخفاض.