

TABLE DES MATIERES

1. PRESENTATION TECHNIQUE DU DISPOSITIF.....	2
1.1 Le phénomène d'absorption	2
1.2 But et performances des absorbeurs	2
1.3 Les types d'absorbeurs.....	2
2. LES COLONNES À PLATEAUX	3
2.1 Plateaux à courants croisés avec trop plein.....	4
2.2 Les plateaux à contre-courant	12
2.3 Problèmes rencontrés dans les colonnes à plateaux.....	13
2.4 Domaine d'application	14
2.5 Avantages et inconvénients des colonnes à plateaux.....	14
2.6 Constructeurs- Fournisseurs.....	14
3. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	16

1. PRESENTATION TECHNIQUE DU DISPOSITIF

1.1 LE PHENOMENE D'ABSORPTION

L'absorption est une opération unitaire de génie des procédés caractérisée par des transferts de matière d'une phase à une autre. Parfois ces transferts de matière sont accompagnés de transfert de chaleur. L'absorption met en jeu des échanges de matière entre une phase gazeuse et une phase liquide de natures chimiques différentes. Un ou plusieurs constituants de la phase gazeuse passent en solution. Cette opération est principalement utilisée pour purifier un flux gazeux ou pour récupérer un constituant présent dans un mélange gazeux.

L'absorption est uniquement physique lorsque le soluté ne réagit pas avec au moins un des constituants de la phase liquide.

1.2 BUT ET PERFORMANCES DES ABSORBEURS

Les absorbeurs ont tous pour but de réaliser le meilleur échange de matière entre une phase liquide et une phase gaz en contact. Ils doivent donc être équipés de dispositifs internes qui, d'une part, favorisent la dispersion de la phase gaz dans la phase liquide et plus particulièrement provoquent la plus grande surface d'aire interfaciale, et d'autre part, permettent la séparation de la phase gaz et de la phase vapeur en contact afin d'en faciliter l'écoulement global.

Les performances globales de l'absorbeur, rendement et sélectivité, dépendent des phénomènes mis en jeu, à savoir :

- les équilibres thermodynamiques à l'interface (solubilités) ;
- les lois de transport dans les phases (diffusivités) ;
- les lois de transfert au voisinage des interfaces (coefficients de transfert, aires interfaciales) ;
- les cinétiques des réactions chimiques (schémas réactionnels, constantes cinétiques, ordres de réactions).

1.3 LES TYPES D'ABSORBEURS

Selon le système considéré, notamment en fonction des vitesses caractéristiques de transfert, de transport ou de réaction, l'absorbeur devra être choisi soit en fonction de ses performances du point de vue transfert de matière soit en fonction du volume de liquide mis en jeu. En conséquence, les absorbeurs utilisés dans l'industrie ont des formes très diverses :

- réacteurs tubulaires à bulles, à gouttes, à film tombant, à garnissage, à plateaux ;
- réacteurs à cuve agitée mécaniquement ;
- réacteurs du type jets ou venturis.

Tous ces absorbeurs sont décrits dans le rapport [3]. Les éléments indiqués dans cette fiche traitant des colonnes à plateaux sont extraits de ce document.

2. LES COLONNES A PLATEAUX

Les colonnes à plateaux ont à l'origine été inventées pour la distillation, mais elles peuvent également être utilisées comme absorbeur. Les plateaux munis de déversoirs sont particulièrement bien adaptés pour l'absorption, mais en fait, tous les types de plateaux peuvent être utilisés.

Les plateaux, éléments actifs d'une colonne, sont en fait conçus pour assurer la dispersion de la phase gazeuse au sein du liquide en utilisant directement l'énergie de pression de cette phase gazeuse. Les dispositifs de dispersion divisent la vapeur en jets indépendants et augmentent la surface de contact avec le liquide.

Au sein des colonnes à plateaux, le mouvement de la phase liquide a toujours lieu du haut vers le bas.

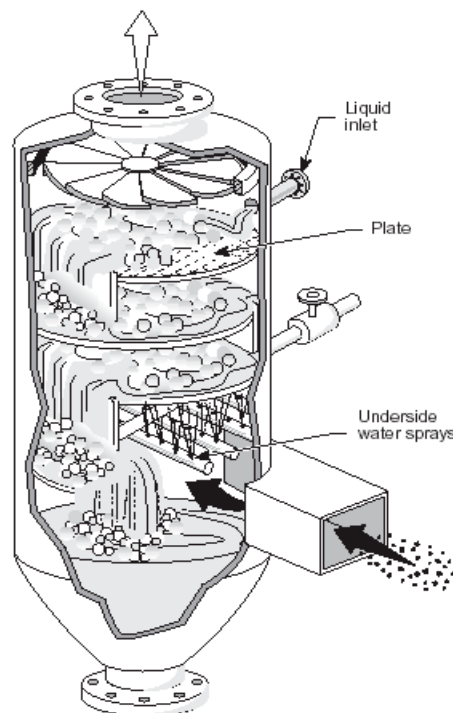


Figure 1 : Exemple d'une colonne à courant croisé.
Source : Chemical Engineer's Resource

Mis à part certains dispositifs, dans leur ensemble, les plateaux peuvent être classés en deux grandes catégories :

- les plateaux à courants croisés avec trop plein,
- les plateaux à contre-courant sans trop-plein.

2.1 PLATEAUX A COURANTS CROISES AVEC TROP PLEIN

2.1.1 Principe de fonctionnement

Dans les colonnes à plateaux à courants croisés, la phase gazeuse ascendante traverse le liquide qui se déplace horizontalement sur le plateau. Un barrage de sortie maintient sur le plateau une couche de liquide, qui s'écoule par gravité d'un plateau à l'autre, par une conduite (trop plein, cf schéma figure 2).

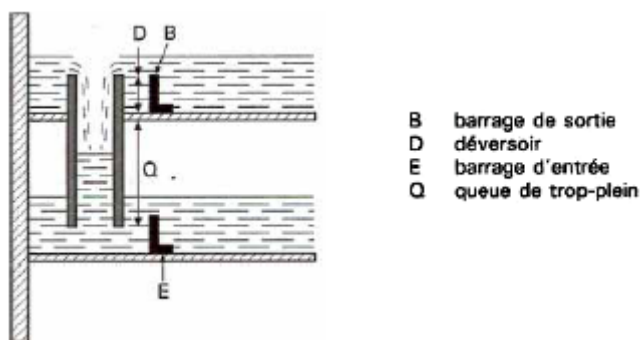


figure 2 : Le trop – plein.
Source : Techniques de l'Ingénieur

La perte de charge sur un plateau est le résultat de :

- la perte de charge du gaz au travers des trous du plateau,
- la hauteur de liquide sur le plateau,
- l'aération du liquide.

En pratique, la perte de charge est de l'ordre de 2 fois la hauteur de liquide sur le plateau soit environ 100 mm de liquide.

2.1.2 Régimes de fonctionnement d'un plateau

En fixant le débit du liquide introduit en tête de colonne et en augmentant progressivement le débit du gaz, on peut observer les différents régimes de fonctionnement de ce type de colonnes. Ainsi :

- A faible débit de gaz, le plateau ne se charge pas (le gaz ne se mélange pas avec le liquide), le liquide passe par certains trous et le gaz par les autres ;
- Au régime de pulsation, le plateau se charge jusqu'à un certain niveau et puis se décharge ;
- Au régime des bulles, la phase gazeuse est dispersée en bulles dans la phase liquide continue, la couche du liquide est peu agitée.
- La zone de fonctionnement normal du plateau correspond au régime des bulles, sauf que les bulles sont plus fines et le mélange se fait de façon plus turbulente. Une couche de mousse peut se former à la surface du liquide.
- Le régime de gouttes apparaît aux vitesses de gaz élevées et aux faibles débits de liquide. Il est caractérisé par une inversion des phases : la phase gazeuse devient continue et la phase liquide s'écoule en forme de gouttes.



Figure 3 : Régimes d'écoulement sur un plateau
Source : Techniques de l'Ingénieur

Le déversoir permet de maintenir un niveau constant de liquide sur le plateau. Il peut être équipé d'un barrage de sortie qui permet d'éviter la formation de mousses et de projections. Selon les commodités d'installation ou de fabrication, les sections des trop-pleins peuvent avoir diverses formes. Elles peuvent être rectangulaires, circulaires, en forme de segment, de haricot ou oblongue.

Pour régulariser l'écoulement du liquide sur le plateau, on utilise un barrage à l'entrée. Sa présence est très importante pour les colonnes de petites tailles équipées de trop-pleins circulaires ou oblongues.

2.1.3 Différents types de plateaux à courants croisés

Il existe différents types de plateaux qui varient selon les producteurs.

Le choix du plateau dépend principalement du débit du liquide, de la souplesse d'utilisation souhaitée et du coût de l'installation. Les principaux types de plateaux sont : les plateaux perforés, à calottes, à soupapes, à tunnels et à fentes.

a) Plateaux à calottes

➤ Description

Les calottes sont des éléments de révolution (rarement hexagonale ou carré) placés de façon verticale sur le plateau.

Pour augmenter la surface de contact entre les phases, les sorties de la calotte sont en forme de « dents ».

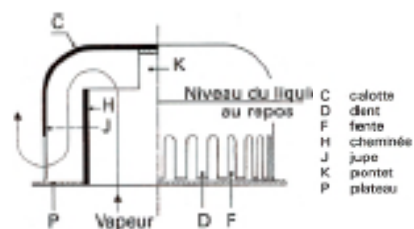
Les plateaux à calottes rectangulaires (calottes KSG de Montz) sont munis de fentes au sommet et à la base, chaque calotte est placée perpendiculairement à ces voisines.



a) Plateau à calottes



b) Calotte base



c) Calotte cylindrique

Figure 4 : Plateau à calottes

➤ Principe de fonctionnement

Le gaz arrive par le bas, passe par la cheminée, puis change de direction et sort par la fente de la calotte. Le niveau du liquide est compris entre la sortie de la fente et le sommet de la cheminée. Pour augmenter le temps de séjour (la quantité) du liquide sur le plateau, on augmente la hauteur de la cheminée. Le gaz sortant de la fente barbotte dans la couche de liquide et crée une émulsion dans laquelle se produit l'échange de matière.

➤ Domaine d'application

Les plateaux à calottes classiques sont les plus anciens et sont, en raison de leur coût, de moins en moins utilisés dans l'industrie.

Toutefois ils sont encore recommandés dans des cas particuliers :

- fonctionnement à très faible débit ;
- distillation sous vide moyen ;
- temps de séjour important sur le plateau, nécessité par une réaction chimique lente.

➤ Avantages/inconvénients

Les plateaux à calottes diminuent le risque de drainage et offrent un bon mélange des phases gaz et liquide. Le temps de contact du gaz avec le liquide est supérieur à celui des autres plateaux.

Ces plateaux ont une efficacité quasiment identique à celle des plateaux à soupapes, mais en cas d'augmentation du débit de gaz, ils s'engorgent plus facilement que les plateaux à soupapes. Pour les régimes de fonctionnement proches de l'engorgement, leur efficacité est moindre que celle des autres types de plateaux. Pour des débits de gaz importants, les gouttes du liquide ascendantes inondent les calottes. Pour passer, le gaz est obligé de pousser le liquide par les petites fentes, ce qui augmente la perte de charge.

En raison d'une construction assez complexe, le coût de ces plateaux est élevé.

Le fonctionnement de ces calottes est sensible au risque de bouchage qui peut être provoqué par des phénomènes de corrosion.

b) Plateaux perforés

➤ Description

La surface de ces plateaux est perforée de nombreux petits trous.

L'épaisseur d'un plateau dépend de la résistance mécanique nécessaire au bon fonctionnement de la colonne (masse du liquide, force de gravité). Elle n'a pas d'influence sur les pertes de pression, mais elle joue un rôle sur la dispersion de la phase gaz. Généralement l'épaisseur des plateaux perforés est proportionnelle au diamètre des trous.

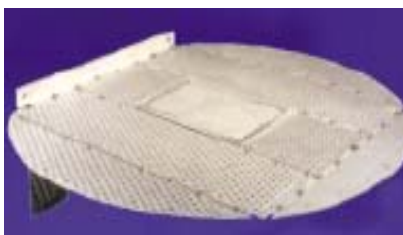


Figure 5: Plateau perforé

➤ Principe de fonctionnement

Le fonctionnement de ce type de plateaux est basé sur la différence de pressions de part et d'autre d'un plateau. Cette différence de pression permet de maintenir le liquide sur le plateau et elle permet le passage du gaz par les trous du plateau. Les bulles résultant du passage du gaz dans le liquide prennent naissance dès la surface du plateau. Celles-ci barbotent dans le liquide, formant ainsi un brouillard constitué de petites gouttes.

➤ Avantages/inconvénients

Les principaux avantages de ce type de plateaux sont les suivants :

- leur faible coût ;
- leur simplicité ;
- les bulles prenant naissance dès la surface du plateau, la même efficacité d'absorption sera obtenue avec moins de hauteur de liquide que sur le plateau à calottes ;
- la perte de charge est diminuée car le gaz passe directement dans le liquide ;
- le débit admissible du gaz est plus élevé que dans le cas des plateaux à calottes.

Cependant ils présentent quelques inconvénients :

- Un manque de souplesse : aux faibles débits de gaz, le liquide peut s'écouler à travers les trous ce qui diminue l'efficacité de ce type de plateau.
- Une sensibilité aux défauts de planéité : tous les plateaux doivent être placés horizontalement car une inclinaison peut créer un phénomène de pleurage (voir le paragraphe 2.3.1) dans les zones inférieures de la colonne.
- Il faut que la phase gaz arrive à vitesse constante et de façon homogène sur l'ensemble de la surface du plateau afin de maintenir une couche de mousse stable.

c) Plateaux à soupapes

➤ Description

Selon les constructeurs, il existe plusieurs types de plateaux à soupapes :

- les plateaux avec les soupapes « Float-Valve » constitués de rectangles de tôle pliée et emboutie ;
- les soupapes circulaires des plateaux « Flexitray »¹ constitués de disques emboutis, retenus chacun par un étrier soudé ou agrafé sur le plateau ;
- les plateaux à soupapes étagées : il s'agit de soupapes superposées, munies de pieds de hauteurs différentes et qui se lèvent successivement sous la poussée du gaz.

Actuellement, les plateaux à soupapes les plus utilisés sont les plateaux à soupapes circulaires munis de pattes repliées qui limitent la levée au-dessus du plateau. Le plus commercialisé est une variante dans laquelle des orifices du plateau sont emboutis d'une forme de Venturi pour réduire la perte de charge à l'entrée.

¹ Dénominations commerciales

➤ Principe de fonctionnement

Le gaz s'écoulant dans la colonne passe par les trous du plateau perforé en poussant les soupapes qui couvrent les orifices. La soupape monte ou descend selon le flux du gaz. Le taux d'ouverture dépend donc du débit du gaz et de la masse de la soupape. Dans son mouvement vertical la soupape est limitée par les conduites attachées au plateau.

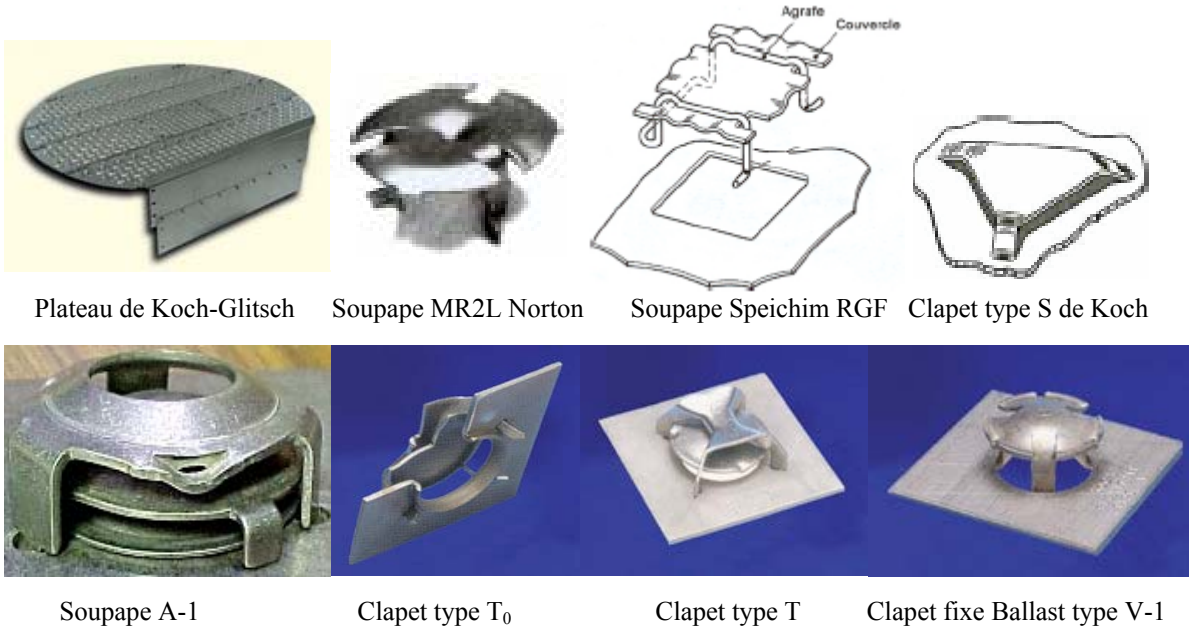


Figure 6 : Plateaux à soupapes

➤ Domaine d'application

Ils sont conseillés pour des opérations où de grandes fluctuations du débit de gaz peuvent se produire.

Ils ne sont pas indiqués pour les faibles régimes (faibles débits de gaz permanent), mais pour des régimes élevés ; la perte de charge reste inférieure à celle des plateaux à calottes.

➤ Avantages/inconvénients

Ils ont quasiment les mêmes régimes de fonctionnement que les plateaux perforés et sont exempts du risque de drainage.

Les avantages des colonnes à soupapes sont les suivants :

- Ces plateaux acceptent de grandes vitesses de vapeur – le débit du gaz qui provoque l’engorgement² d'un plateau à soupape est plus grand que celui d'un plateau à calottes de même diamètre ;
- L’efficacité des plateaux à soupapes est constante dans un large domaine ; le débit minimal du gaz est égal au flux qui permet d’éviter le drainage du liquide par les soupapes qui ne sont pas étanches ;
- Un faible coût.

Les plateaux à soupapes présentent quelques inconvénients qui limitent leur emploi :

- Les plateaux de ce type présentent une forte perte de charge en cas des faibles débits de gaz, car la section initiale de passage est faible et la pression du gaz doit monter pour équilibrer la masse de la soupape.
- Le plateau à soupapes n'est pas étanche et il se vide à l'arrêt. Son emploi n'est donc pas recommandé lorsque la colonne fonctionne par campagnes, avec des arrêts répétés.

d) Plateaux à tunnels

➤ Description

On peut distinguer deux types de plateaux à tunnels :

- plateaux où le liquide circule perpendiculairement aux tunnels

La phase gaz arrive par les nombreuses cheminées circulaires comprenant un espace pour le passage du liquide, le tunnel est surélevé par rapport au plateau.

- plateaux où le liquide circule parallèlement aux tunnels

Dans ce cas les cheminées sont longues et rectangulaires. Elles ne gênent pas l’écoulement du liquide.

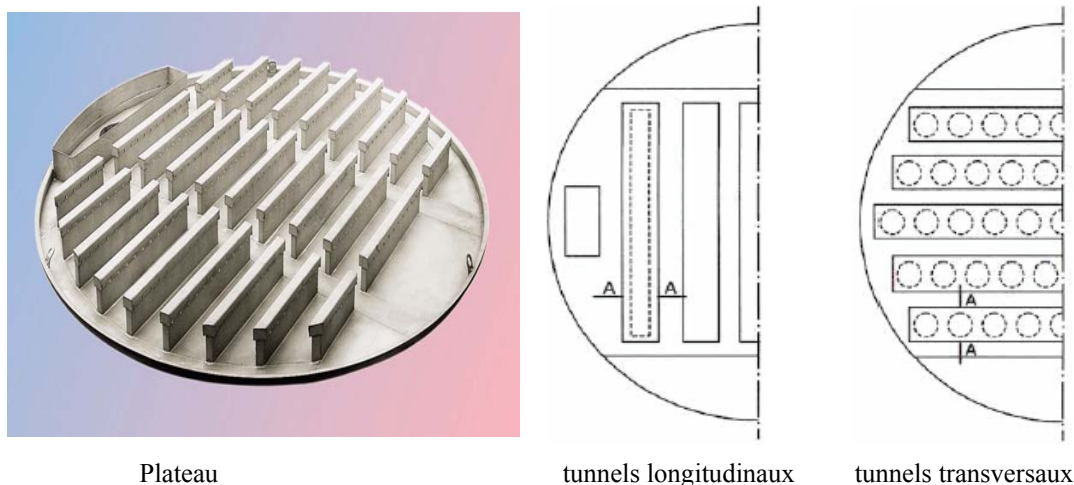


Figure 7 : Plateaux à tunnels

² voir le paragraphe 2.3.2

➤ Principe de fonctionnement

Le fonctionnement des plateaux à tunnels est semblable aux plateaux à calottes. On peut considérer le tunnel comme une calotte longue, leur construction est plus simple.

➤ Domaine d'application

Dans le cas où la surface des éléments de barbotage peut être plus faible, on peut remplacer les calottes rondes par les calottes longues rectangulaires.

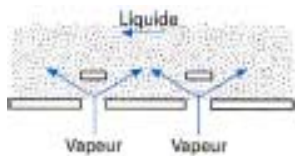
➤ Avantages/inconvénients

Ils ne peuvent atteindre l'efficacité des plateaux à calottes.

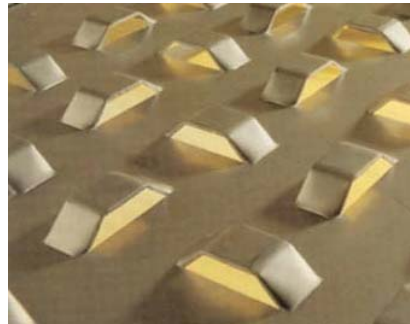
Dans certains régimes caractérisés par un faible débit de gaz et un fort débit du liquide, on observe l'arrêt du barbotage dans certains canaux des tunnels longitudinaux.

e) Plateaux à fentes

Ils dérivent des plateaux perforés. Une petite plaque est positionnée au-dessus de chaque orifice. Cette construction permet d'augmenter le taux de mélange entre les phases : un écoulement plus turbulent et la composition horizontale du mouvement de la phase gaz assurent un meilleur contact avec le liquide.



Schéma³



Plateau Bi-Frac

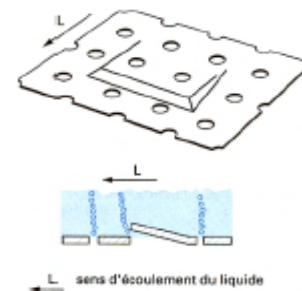


Figure 9 : Plateau UOP

Figure 8 : Plateau à fentes

La surface effective du plateau est augmentée par une formation plus importante du nombre de gouttes de liquide.

Ces plateaux offrent une plus grande souplesse que les plateaux perforés, ils diminuent le primage, mais la perte de charge est plus significative.

Il existe plusieurs types de plateaux à fentes mais ils sont peu utilisés dans l'industrie.

➤ Les plateaux UOP

Les plateaux UOP sont une combinaison de plateaux perforés et de plateaux à fentes. Le poinçonnage du plateau permet d'obtenir des fentes sur le plateau qui sont orientées dans la direction du mouvement du liquide. Le gaz qui le traverse aide l'écoulement du liquide vers la sortie.

Les avantages par rapport aux plateaux perforés sont les suivants :

- diminution des fuites à faible régime,
- diminution du primage,
- diminution de la perte de charge.

³ Source : Techniques de l'Ingénieur

➤ Les plateaux Kühni

Il en existe deux types :

- les plateaux Kühni à circulation centripète : chaque plateau de ce type est muni d'un déversoir central, le liquide est ramené à la périphérie du plateau inférieur par les tubes de trop-plein.
- les plateaux Kühni à circulation centripète avec un déversoir central et centrifuges avec un déversoir périphérique.



Figure 10 : Colonne à plateaux Kühni de type A

2.1.4 Avantages et inconvénients des plateaux à courants croisés

Les plateaux à courants croisés sont plus souvent utilisés que les plateaux à contre-courant, car l'efficacité de transfert de la matière est meilleure et ils ont une plus grande échelle de fonctionnement. Ils peuvent fonctionner avec des débits de liquide très faibles.

Un des inconvénients de ce type de colonnes est la réduction de la surface de contact, de la surface d'échange entre les deux phases qui est due à la présence des trop-pleins. Les trop-pleins doivent en effet être suffisamment grand pour assurer un bon écoulement du liquide des plateaux supérieurs aux plateaux inférieurs. De plus, du gaz peut passer par ces trop-pleins.

2.2 LES PLATEAUX A CONTRE-COURANT

2.2.1 Description

Les plateaux à contre-courant ne sont composés que de deux zones :

- zone implantée d'orifices pour permettre l'écoulement du gaz et du liquide ;
- zone périphérique.

Les plateaux à contre-courant sont caractérisés par l'absence de trop-plein. Les organes de barbotage, constitués exclusivement par des trous et des fentes permettant à la fois l'ascension de la phase gaz et la descente du liquide.

Les colonnes à contre-courant sont généralement équipées de plateaux :

- perforés sans déversoir,
- turbogrid.

2.2.2 Types de plateaux à contre-courant

a) Plateaux perforés sans déversoir

Dans le cas des plateaux perforés sans déversoirs, les trous sont plus grands que dans les plateaux avec déversoir, car le liquide passe par les mêmes orifices que le gaz.

b) Plateaux Turbogrid

Ce type de plateau a été inventé par Shell. Son principe, est le suivant : des barreaux égaux, parallèles et équidistants, de section rectangulaire forment un plancher ajouré horizontal. Ce plateau a le gros avantage de pouvoir être construit en matériau quelconque.

Il ne peut fonctionner que dans une zone étroite de débits. Son fonctionnement est semblable à celui des plateaux perforés sans déversoir.

2.2.3 Avantages/inconvénients des plateaux à contre-courant

Les avantages des plateaux à contre-courant sont leur faible coût, leur simplicité et leur résistance à l'encrassement. La faible rétention du liquide est également un avantage pour les opérations discontinues. Leur principal inconvénient est leur manque de souplesse.

2.3 PROBLEMES RENCONTRES DANS LES COLONNES A PLATEAUX

2.3.1 Pleurage

Il y a pleurage lorsque le liquide s'écoule d'un plateau à un autre par les orifices du plateau.

Ce phénomène peut avoir lieu si les trous dans le plateau sont trop grands ou si le débit de gaz est trop faible. En effet, si la pression du gaz passant par un orifice n'est pas suffisante pour créer une bulle et supporter la charge du liquide, ce dernier commence à s'écouler par les trous.

2.3.2 Engorgement

Pour des débits de gaz et de liquide trop importants, on peut atteindre les limites suivantes :

➤ Engorgement des trop-pleins

Pour bien dégazer le liquide, il faut que la vitesse verticale du mélange soit inférieure à la vitesse d'ascension des bulles de gaz. Si le débit de liquide est trop important, la vitesse du liquide dans la zone des trop-pleins sera trop grande et les trop-pleins ne seront plus capables d'assurer leur fonction de dégazage. En raison également de la perte de charge qui sera trop élevée, le liquide ne pourra plus descendre sur le plateau inférieur, il ne sera plus canalisé.

➤ Engorgement par entraînement (voir le paragraphe 2.3.3)

Si le débit du gaz augmente trop, à un moment, le mélange de liquide et de gaz peut former une émulsion. Cette émulsion peut remplir tout l'espace entre les plateaux et atteindre le plateau supérieur. Cela augmente fortement la perte de charge et diminue l'efficacité du plateau supérieur, et donc de la colonne.

2.3.3 Entraînement

On parle de phénomène d'entraînement lorsque le liquide est transporté par le gaz d'un plateau au plateau supérieur. L'entraînement des gouttelettes du liquide sur le plateau supérieur est dû à une vitesse trop élevée du gaz dans la zone de contact des phases. L'efficacité du plateau est réduite car il y a une diminution des forces motrices d'absorption due au versement du liquide du plateau moins volatile sur le plateau de plus grande volatilité. Dans ce cas, la colonne s'approche du point d'engorgement, car la quantité du liquide sur le plateau supérieur augmente.

2.3.4 Mauvaise distribution du liquide

Ce phénomène engendre une réduction de la surface de contact entre les phases et une diminution de l'efficacité de la colonne.

Ce problème peut se produire lorsque :

- les plateaux ne sont pas placés horizontalement,
- le débit du liquide est trop grand,
- le débit du gaz est trop faible,
- il y a un problème mécanique avec le plateau.

2.4 DOMAINE D'APPLICATION

Les colonnes à plateau sont utilisées pour :

- des opérations de distillation
- des opérations d'absorption sans réaction chimique ou impliquant des réactions chimiques ayant une vitesse moyenne.

2.5 AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES COLONNES A PLATEAUX

- Chaque plateau peut être muni d'un serpentin et d'un échangeur de chaleur qui permet de récupérer les calories dégagées pendant l'absorption ;
- Elles offrent une assez grande efficacité d'absorption (la rétention du liquide est moyenne mais la surface de contact entre les deux phases est importante) ;
- Elles sont plus économiques par rapport au colonne à garnissage pour les processus nécessitant un débit de liquide important ;
- Si des particules solides sont présentes dans le liquide, il sera préférable de choisir des colonnes à plateaux et particulièrement les plateaux perforés qui sont plus faciles à entretenir ;
- Généralement, les colonnes à plateaux sont conseillées pour les absorptions au cours desquelles le transfert de la matière est limité par la résistance de la phase liquide ;
- Pour les systèmes corrosifs, la construction de plateaux fera appel à des métaux résistants à la corrosion, généralement coûteux.

2.6 CONSTRUCTEURS- FOURNISSEURS

2.6.1 De colonnes à plateaux

- BSL Industries.
- Glitsch France.
- Johann Stahl Kessel- und Apparatebau GmbH und Co KG (plateaux *Kittel*).
- Koch International.
- Kühni AG.
- Metaway-tray BV (filiale de Sulzer-Chemech).
- Montz Julius, représenté par Techim.
- Nrton Chemical process Products Ltd.
- Nutter G.B., représenté par Techim.
- Schmidding-Werke Wilhelm Schmidding GmbH und Co KG.
- Tecnip Speichim.
- UOP NV.Process equipment.
- Vicarb (plateaux *Turbogrid* en graphite).

2.6.2 De systèmes de traitement d'effluents gazeux contenant du chlore

tableau 1 : Constructeurs de systèmes de traitement d'effluents gazeux contenant du chlore

Nom du fabricant	Coordonnées
Cellchem AB	P.O.Box 11553 S-100 61 Stockholm, Sweden Street address : Sickla Industriväg 6 Nacka, Sweden ☎ : + 46 8 743 40 00 – Fax : + 46 8 641 11 90 http://www.cellchem.com/ e-mail : info@cellchem.ekachemicals.com
GEA Wiegand GmbH	Einsteinstraße 9-15 76275 Ettlingen . Germany ☎ : + 49 (0)7243/705-0 – Fax : + 49 (0)7243/705-330 http://www.gea-wiegand.de e-mail : info@gea-wiegand.de
Krebs Switzerland – NUKEM group	Claridenstrasse 20 – CH-8022 Zürich ☎ : 41 12867426 e-mail : krebscoag@access.ch
Krupp Uhde GmbH	Friedrich-Uhde-Strasse 15 D-44141 Dortmund - Germany ☎ : + 49-231 / 547-0 – Fax : + 49-231 / 547-30 32 http://www.thyssenkrupp.com/uhde/ e-mail : information@kud.thyssenkrupp.com
Kvaerner PLC	Kvaerner House, 68 Hammersmith Road London W14 8YW – England ☎ : 44 20 7339 1000 – Fax : 44 20 7339 1100 http://www.kvaerner.com/
Lurgi GmbH	Lurgi GmbH Process Technology, Engineering, Contracting Lurgi-Allee 5 – P.O. Box 11 12 31 D-60295 Frankfurt am Main – Germany ☎ : + 49 (69) 58 08-0 – Fax : + 49 (69) 58 08-38 88 http://www.lurgi.com e-mail : kommunikation@lurgi.de
Technip Germany GmbH	Theodorstrasse 90 D-40472 Düsseldorf – Germany ☎ : + 49 211 659-1 – Fax : +49 211 659 23 72 http://www.technip.com e-mail : technipnet@technip.com
Washington Group International (ex Raytheon Engineers and Constructors)	CI Tower St georges Square, High St New Malden KT3 4HH – United Kingdom ☎ : + 44 (20) 83 36 51 00 – Fax : +44 (20) 83 36 52 99 http://www.wgint.com

3. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Cicile J.C., Distillation, Absorption. Colonnes à plateaux : Dimensionnement, Techniques de l'Ingénieur, J 2 623
- [2] Cicile J.C., Distillation, Absorption. Colonnes à plateaux : Technologie, Techniques de l'Ingénieur, J 2 622
- [3] Etat de l'art sur les colonnes d'abattage – rapport intermédiaire d'opération – Programme DRA39 – Evaluation des dispositifs de prévention et de protection utilisés pour réduire les risques d'accidents majeurs - N. Ayrault, INERIS – MEDD – 2004.