



MANUEL DE SÉCURITÉ

ASPECTS TECHNIQUES DES CONDITIONS D'INFLAMMABILITÉ DES GAZ À BASE D'HYDROCARBURE



Acknowledgments

Cette publication est produite par le Programme ActionOzone de la Division Technologie, Industrie et Economie du PNUE (DTIE) dans le cadre de son programme de travail sous les auspices du Fonds multilatéral aux fins d'application du Protocole de Montréal.

Ce projet a été dirigé par:

Mme. Sylvie Lemmet, directrice PNUE DTIE, France

M. Rajendra Shende, chef, Branche ActionOzone PNUE DTIE, France

M. James S. Curlin, responsable au Renforcement des capacités Programme ActionOzone PNUE DTIE,

Mme. Mugure Kibe Ursulet, assistante documentation, Programme ActionOzone PNUE DTIE, France

Les recherches nécessaires à cette édition révisée ainsi que sa rédaction ont été réalisées par::

Dr. Montfort A. Johnsen, President, Montfort A. Johnsen & Associates, Ltd.

Mr. Geno Nardini, Instituto Mexicano del Aerosol

L'examen de la qualité a été effectué par :

Dr. Harry B. McCain, Vice President of Research & Development, Aeropres Corp and 1st peer - Aerosols for World Bank Ozone Operations Resource Group

Mr. Chandra Effendy, General Manager, PT Candi Swadaya Sentosa, Indonesia

Mr. Fareed Ismail Bushehri, Programme Officer – Halon, UNEP Regional Office for West Asia

Mr. Ansgar Eussner, Senior Monitoring and Evaluation Officer, Multilateral Fund Secretariat

Le PNUE DTIE remercie tous les collaborateurs et leurs employés d'avoir rendu possible la publication du présent manuel de formation.

Copyright © Programme des Nations Unies pour l'environnement 2005.

A condition d'en mentionner la source, la présente publication peut être reproduite intégralement ou en partie sous quelque forme que ce soit à des fins pédagogiques ou non lucratives sans autorisation spéciale du détenteur du copyright. Le Programme des Nations Unies pour l'environnement souhaiterait recevoir un exemplaire de toute publication produite à partir des informations contenues dans le présent document.

L'usage de la présente publication pour la vente ou toute autre initiative commerciale quelle qu'elle soit est interdite sans l'autorisation préalable écrite du Programme des Nations Unies pour l'environnement.

Avertissement

Les termes utilisés et la présentation du matériel contenu dans la présente publication ne sont en aucune façon l'expression d'une opinion quelconque par le Programme des Nations Unies pour l'environnement à propos de la situation légale d'un pays, d'un territoire, d'une ville ou de son administration ou de la délimitation de ses frontières ou de ses limites. De plus, les opinions exprimées ne représentent pas nécessairement la décision ou la politique officielle du Programme des Nations Unies pour l'environnement, de même que la mention de marques ou de méthodes commerciales ne constitue une recommandation.

Copyright © 2005 UNEP

PUBLICATIONS DE NATIONS UNIES

ISBN: 92-807-2603-X

TABLE DES MATIÈRES

PRÉFACE	3
RÉSUMÉ.....	5
ASPECTS TECHNIQUES DES CONDITIONS D'INFLAMMABILITÉ DU GAZ À BASE D'HYDROCARBURE..	7
INTRODUCTION	7
ASPECTS TECHNIQUES	8
PRATIQUES D'INGÉNIERIE.....	11
REMARQUES GÉNÉRALES	11
NORMES DE SÉCURITÉ	14
CHAÎNES DE TRANSFERT (CONDUITES ET TUYAUX)	18
ÉQUIPEMENT ET SYSTÈMES D'URGENCE	21
INFORMATIONS RELATIVES À LA CONSTRUCTION.....	23
ÉPREUVE DES BAINS D'EAU CHAUDE	25
AUTRES FACTEURS DE SÉCURITÉ :	27
FORMATION SÉCURITÉ	27
FORMATION DU PERSONNEL	27
SÉCURITÉ DU PERSONNEL	31
ASPECTS TECHNIQUES ET MISE EN SERVICE D'UN SYSTÈME DE PURIFICATION D'HYDROCARBURE À TAMIS MOLÉCULAIRE	33
INTRODUCTION	33
DESCRIPTION DES COLONNES D'UN TAMIS MOLÉCULAIRE	33
DIMENSIONS – LONGUEUR ET DIAMÈTRE – ET REMARQUES SUR LE DÉBIT	34
CONSTRUCTION DE COLONNES DE TAMIS MOLÉCULAIRE	37
TESTS DE LA COLONNE	38
ÉCONOMIES ET AMÉLIORATION DU RENDEMENT	38
IMPORTANCE DE LA CHARGE D'ALIMENTATION	39
ODEUR DU GNL	41
ÉLIMINATION DES BILLES USAGÉES DE TAMIS MOLÉCULAIRE.....	42
RÉGÉNÉRATION DES BILLES DE TAMIS MOLÉCULAIRE.....	42
IMPORTATION	43
HYDROGÉNATION	44
CONCLUSION	44
FORMULES D'AÉROSOLS MODERNES.....	45
INTRODUCTION	45
PRINCIPES GÉNÉRAUX	45
FORMULE ET EMBALLAGE.....	46
PESTICIDES	46
COSMETIQUES (SOIN PERSONNEL).....	50
PRODUITS D'ENTRETIEN MÉNAGERS	54
PRODUITS INDUSTRIELS	59
ANNEXE # 1 PROPRIÉTÉS DES AGENTS PROPULSEURS À BASE D'HYDROCARBURE	61
BIBLIOGRAPHIE	63
LE PROGRAMME ACTIONOZONE DE LA DTIE DE L'UNEP	65



PRÉFACE

“La sécurité, c’est le succès à long terme”



L'élimination complète des chlorofluorocarbones (CFC) est certaine, ce n'est qu'une question de temps..

Le Protocole de Montréal a permis l'élimination de la quasi-totalité des CFC à l'échelle mondiale, notamment au niveau des fabricants de produits aérosols. La consommation actuelle de gaz CFC pour produits aérosols dans les pays en voie de développement a été estimée à environ 4,300 tonnes en 2001, soit une réduction de 71 % par rapport au secteur de consommation des CFC en 1997. Les CFC représentent une part minime et toujours en diminution des agents propulseurs – moins de 1 % au total – et des gaz propulseurs à base d'hydrocarbure pour aérosols. Les (PAH) se sont substitués à une vitesse étonnante et sont devenus les premiers produits de remplacement.

Pourquoi ce manuel alors que l'élimination des CFC est déjà si avancée ? Parce que la question de la sécurité liée aux agents propulseurs PAH, notamment dans les petites et moyennes entreprises (PME) est maintenant une priorité – la Sécurité est toujours une priorité. Le Comité des Choix Techniques des Aérosols (ATOC) du Groupe d'Évaluation en Technologie et Economie de l'UNEP a mis en évidence l'importance du respect des normes de sécurité, pendant le processus de remplacement des CFC dans le secteur des aérosols dans les pays en voie de développement, au niveau des usines de production et du consommateur. Pour atteindre ce but, le Comité ATOC a entre autres conseillé de développer des pratiques de production correctes et de mettre à la disposition du plus grand nombre des informations techniques sur les nouveaux agents propulseurs ainsi que de bons manuels d'installation. L'ATOC a aussi indiqué que, malgré une amélioration certaine, la conversion des utilisateurs de CFC en petite et très petite quantité demeure un problème constant. Les PME sont souvent en porte à faux avec les questions de sécurité et ont besoin de bénéficier d'un soutien permanent qui leur facilite la transition au PAH. Ce guide vise à répondre à ces besoins. L'élimination totale dans le secteur des aérosols dépend de la rapidité avec laquelle la question de la sécurité et la question des petits consommateurs sont traitées.

En faisant de la sécurité une priorité, on assure le succès à long terme du processus d'élimination. Au succès de l'élimination des CFC sous le Protocole de Montréal, nous devons ajouter le succès d'introduction des PAH en aidant à la protection des vies, des moyens d'existence et de l'environnement. Ce manuel a été réalisé par le Programme d'Action Ozone DTIE de l'UNEP et fait partie du programme de travail de l'UNEP sous le Fonds Multilatéral pour l'Application du Protocole de Montréal. Il s'agit du premier document publié par le Fonds traitant de questions de sécurité, rédigé par des experts de renommée internationale et destiné à être utilisé par des professionnels concrètement engagés dans une pratique industrielle réelle. La Sécurité est donc à la fois première et prioritaire.

Rajendra M. Shende, Directeur, Département Action Ozone DTIE UNEP



RÉSUMÉ

Cet ouvrage est destiné à fournir une aide technique au personnel qui utilise des agents propulseurs à base d'hydrocarbure dans la production des aérosols. Il décrit les mesures de sécurité qui doivent être prises pour empêcher ces agents propulseurs dangereux de provoquer des incendies ou des explosions. Bien que depuis 1954 on utilise le propane, les butanes, et leurs mélanges dérivés pour pressuriser les aérosols, il y a encore régulièrement des rapports sur des incendies terribles, avec parfois perte de vies humaines, dans des usines et entrepôts d'aérosols. Au niveau mondial, les coûts causés par les incendies ont désormais dépassé US\$1 600 000 000.

Les plus grandes usines d'aérosols en Afrique du Sud et en Algérie ont été détruites par le feu. La seconde plus grande usine d'aérosols qui se trouve aux États-Unis a elle aussi entièrement brûlé. Après sa reconstruction, il y a eu deux incendies importants et une explosion du réservoir de gaz. La seconde plus grande usine de remplissage des aérosols au Canada a aussi été détruite par le feu. Ce manuel comporte des images de ces événements. Les gaz à base d'hydrocarbure ne permettent aucun relâchement ni aucune limitation des mesures de sécurité. On peut d'une certaine manière considérer ces gaz comme de potentiels dangers de mort, enfermés dans des réservoirs, tuyaux et même dans les boîtiers d'aérosols. S'ils s'échappent en quantité suffisante (et atteignent une source d'ignition), de graves incendies ou des explosions suivront et risquent de causer de graves brûlures ou la mort d'ouvriers. Les frais de reconstruction d'usine dépassent toujours les frais couverts par l'assurance, l'arrêt momentané des ventes peut nuire terriblement à l'entreprise, qui devra aussi faire face par la suite à des frais d'assurance multipliés. Il arrive souvent que des entreprises ferment suite à un incendie grave ou une explosion. Le but principal de ce manuel est d'éviter de tels événements.

Nous nous attacherons ici aux aspects théoriques de l'inflammabilité en relation uniquement à la sécurité de l'usine. Seront mis en évidence, l'importance de la ventilation et de la circulation de l'air, ainsi que la nécessité cruciale d'éviter les sources d'ignition. La plus grande part de la Section # 1 sera consacrée à la conception et la construction de chambres d'injection de gaz selon les normes de sécurité. La question des réservoirs de stockage, de la tuyauterie ainsi que d'autres aspects de sécurité au sein de l'usine et au niveau technologique seront aussi traités.

On traitera aussi des questions de formation aux normes de sécurité et de sujets qui y sont liés, l'erreur humaine ayant été la cause de nombreux accidents au cours des années.

Ce manuel se concentrera aussi sur la question de l'odeur nauséabonde dégagée par les gaz à base d'hydrocarbure brut. Cela signifie que les aérosols pleins peuvent avoir une odeur très désagréable, ce qui a un effet négatif sur les ventes.

Des entreprises de remplissage au Liban, en Indonésie, au Vietnam et dans quelques pays d'Amérique du Sud importent d'Amérique du Nord et d'Europe des gaz à hydrocarbures hautement purifiés (Qualité Aérosol). Ceci a un coût élevé et nécessite parfois l'accord du gouvernement, entraînant des situations incertaines et parfois des retards. Il est préférable de supprimer les impuretés qui ont l'odeur la plus désagréable, en les absorbant dans des billes (ou tamis) de zéolithe spécialement préparées. Les billes sont contenues dans un Tamis Moléculaire – ou "MolSiv". Certaines

des impuretés, appelées non-saturées ou olefins, ne peuvent pas être capturées par adsorption. On parvient presque toujours à améliorer l'odeur du produit en supprimant les composés de soufre dans la mesure où l'on peut utiliser les hydrocarbures dans les aérosols sans plainte de consommateurs.

En raison du manque d'informations techniques, les spécifications et les modes d'utilisation du matériel MolSiv demeurent largement méconnus et mal maîtrisés. Ce manuel a pour but de fournir les informations nécessaires.

Enfin, les formules aérosols basées sur l'utilisation des agents propulseurs à base d'hydrocarbure sont souvent très différentes de celles utilisées par les propulseurs à CFC. Il est par exemple possible maintenant d'utiliser l'eau de manière très efficace pour certains aérosols tels que les bombes insecticides, les désodorisants d'atmosphère et les produits d'entretien. L'eau permet aussi de réduire les propriétés inflammables de ces produits et permet de réduire le coût des formules. Ce manuel fournira un certain nombre de formules pour aérosols modernes avec les spécificités de conditionnement, pour les entreprises qui désirent profiter au maximum des avantages des agents propulseurs à base d'hydrocarbure.

ASPECTS TECHNIQUES DES CONDITIONS D'INFLAMMABILITÉ DU GAZ À BASE 'HYDROCARBURE

INTRODUCTION

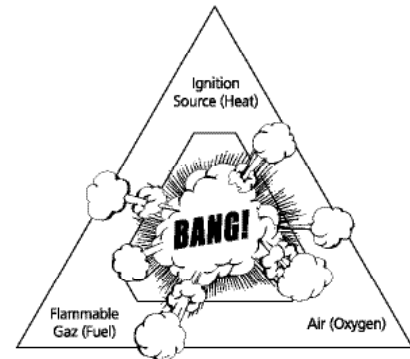
En 2002 la production mondiale des aérosols a presque atteint les 11 000 000 000 d'unités. Plus de 80 % de ces aérosols utilisaient des gaz à base d'hydrocarbure comme propulseur. Dans de nombreux pays, les hydrocarbures étaient le seul propulseur disponible. Il y a trois gaz de ce type : le propane (haute pression), l'isobutane (pression moyenne) et le butane N (faible pression). Les puits de gaz et les raffineries de pétrole produisent des mélanges variés de ces trois gaz. Les mélanges ont des pressions différentes en fonction de leur composition. Les entreprises de remplissage des aérosols doivent en général adapter leurs formules aux mélanges disponibles dans leur pays. Dans certains pays, la composition du mélange peut changer au cours de l'année, en fonction des ajustements pratiqués par les raffineries pour répondre aux exigences variables des autres industries.

Tous les propulseurs sont envoyés et stockés comme le liquide pressurisé, dans des réservoirs ou des bonbonnes. Les produits bruts ou non raffinés sont appelés "Gaz Naturel Liquéfié", ou GNL, et ils dégagent presque toujours une odeur désagréable. Il y a deux causes principales à cette mauvaise odeur : les substances dérivées du soufre et les hydrocarbures non saturés. Un équipement à tamis moléculaire est la meilleure solution pour supprimer les composés de soufre. S'il est correctement installé et entretenu, les billes de zéolithe du tamis moléculaire absorberont les composés de soufre de manière très efficace. Cela permet de supprimer la mauvaise odeur presque complètement. Les hydrocarbures non-saturés (olefins) ne peuvent pas être supprimés, sauf avec un équipement extrêmement cher et compliqué. On est donc obligé de les tolérer. Les agents propulseurs à base d'hydrocarbures, purifiés avec le tamis moléculaire, sont appelés "Propulseurs Aérosols à base d'Hydrocarbure", ou PAH. Comme leur nom l'indique, ils peuvent être utilisés comme propulseurs d'aérosols. L'odeur de ces gaz PAH varie en fonction de la concentration d'hydrocarbures non-saturés dans le GNL de départ. Dans certains endroits les PAH seront si peu concentré en hydrocarbures non-saturés que même concentré le gaz sera presque inodore. Mais d'autres endroits, le taux d'hydrocarbures non-saturés peut atteindre de 1 à 5 %, ce qui donne au PAH comme une « odeur d'essence » suffisamment forte pour ne pas permettre l'utilisation de ce gaz comme propulseur d'aérosols pour désodorisants d'atmosphère ainsi que pour certains autres produits. À cause de cela, dans certains endroits les mélanges qui ont plus de 0.1 % (1000 ppm) de non-saturés ne peuvent être appelés "PAH."

Le propane, isobutane et butane N sont tous extrêmement inflammables. Même à des niveaux de concentration très bas dans l'air, ils sont facilement inflammables s'ils entrent en contact avec une flamme ou une étincelle. De très grands incendies peuvent se développer, et si le point d'ignition se trouve à l'intérieur d'une salle fermée ou d'un bâtiment, il y a un grand risque d'explosion. Les ouvriers risquent d'être gravement blessés ou tués, et il arrive souvent que le bâtiment soit entièrement brûlé. Pour certaines sociétés, de telles pertes ne sont pas envisageables et risquent de causer la fermeture de l'entreprise. Le but principal de ce manuel de sécurité est d'aider à la protection des ouvriers contre les risques d'incendies et d'explosions, de les protéger contre toute brûlure grave, de préserver leur emploi, et d'empêcher la destruction des usines.

ASPECTS TECHNIQUES

Les propulseurs à base d'hydrocarbure entrent en réaction chimique avec l'oxygène de l'air, s'ils s'échappent des réservoirs, tuyaux, pompes et injecteurs de gaz, et rencontrent une flamme, une étincelle ou toute autre source d'ignition. Pour s'enflammer, la concentration dans l'air doit être comprise dans la marge d'inflammabilité – environ de 2 % à 9 % par volume de gaz dans l'air. Par exemple, 18 ml d'isobutane liquide versé dans un baril de métal ouvert de 200 litres suffisent à produire 4,120 litres de gaz. Si le gaz est mélangé à l'air dans le baril, sa proportion sera de 2,06 % par volume. Ce niveau est compris dans la marge d'inflammabilité, et si une allumette allumée est jetée dans le baril, la totalité du contenu prendra feu immédiatement, produisant des flammes de 2 mètres de haut. Si le test est répété, avec cette fois un baril avec un couvercle de métal, le fait qu'une allumette entre en contact avec l'ouverture supérieure causera une explosion, assez importante pour mettre en danger de mort toute personne se trouvant près du baril.



Certains ingénieurs connaissent bien le concept de « Triangle Incendie ». Il indique que trois éléments sont ici nécessaires pour causer un incendie ou une explosion : de l'air (oxygène), un combustible et une source d'ignition. L'air est toujours présent. Le combustible peut être les gaz propulseurs à base d'hydrocarbure, lorsqu'ils sont en quantité suffisante pour être dans la marge d'inflammabilité. La source d'ignition est soit une flamme ou une étincelle. Les étincelles électriques, statiques ou mécaniques sont les causes les plus fréquentes d'incendies d'usines. Lorsque ces trois conditions sont réunies, il en résultera toujours un incendie. Si l'incendie est important et comprimé à l'intérieur d'une chambre ou d'un bâtiment, il y aura une explosion.

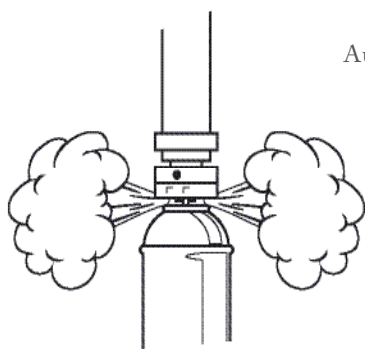
Les propulseurs à base d'hydrocarbure sont inflammables dans l'air lorsque leur concentration est comprise entre 1,5 et 9,5 %. Au-dessus de la limite supérieure d'explosivité (LSE), il y a trop de combustible et pas assez d'oxygène pour brûler. La LSE des hydrocarbures dans l'air n'est pas importante ici, car l'atteindre ou la dépasser en un endroit signifie qu'il y a une concentration plus faible ailleurs et donc qu'il existe un risque d'incendie ou d'explosion. Pour les gaz inflammables, la concentration la plus faible dans l'air qui leur permet de brûler s'appelle LIE ou limite inférieure d'explosivité. Parfois on utilise aussi LII ou limite inférieure d'inflammabilité. Pour les agents propulseurs à base d'hydrocarbure, cette valeur est d'environ 2,0 % par volume dans l'air.

Table #1: Limite d'Inflammabilité dans l'air (le chiffre le plus petit est le LIE):

Substance:	Limite d'Inflammabilité:
Propane	2.2% a 9.5%
Isobutane	1.8% a 8.4%
Butane N	1.8% a 8.5%

Dans la pratique, ce concept prête à confusion et peut être mal appliqué. Il suppose en effet le mélange total du gaz et de l'air, ce qui n'arrive presque jamais. Par exemple, si seulement 1ml. (0,56 gramme) d'isobutane liquide est versé dans un baril de 200 litres, il s'évaporerait immédiatement, produisant un gaz inflammable au niveau du fond du baril. Une allumette allumée jetée dans le baril causerait un feu avec un volume de flamme d'environ 20 litres.

Les trois gaz à base d'hydrocarbure ont une densité supérieure à celle de l'air. L'isobutane et le butane N sont plus de deux fois plus lourds que l'air. Lorsque ces gaz s'échappent à cause d'une fuite ou au niveau de la tête d'injecteur de gaz, ils tomberont assez vite au sol et se répandront. Ils suivront alors la direction de l'air, que l'on trouve en général en mouvement. Dans une usine, les vapeurs des fuites d'isobutène ont parcouru plus de 20 mètres au sol jusqu'à une source d'ignition. Il y a eu 4 morts et 16 blessés dans l'incendie, qui a aussi détruit la moitié de l'usine.



Au cours de l'opération d'injection de gaz, les fuites de PAH, entre 2 et 3 ml. par boîtier, sont inévitables.

zone que l'humidité condensée de l'air gèlera. Ces fuites doivent être arrêtées au plus vite, notamment si elles ont lieu à l'intérieur d'un bâtiment.

On peut aussi détecter des fuites par l'odeur de l'hydrocarbure, si le mouvement de l'air est limité et n'est pas provoqué par du vent ou une ventilation. Les GNL ont une odeur plus forte, ce qui permet de détecter leurs vapeurs concentrées plus facilement que pour les PAH. L'odeur doit être d'abord détectée au niveau du sol. L'examen régulier des joints de conduits d'agents propulseurs et de tuyaux flexibles, des valves, et du reste des équipements peut s'effectuer à l'aide d'"Explosimètres", ou, si l'on n'en a pas à disposition, en appliquant une fine couche de solution détergente. Des bulles de gaz apparaîtront à la surface de la solution savonneuse au niveau des points de fuite. Certaines usines disposent parfois d'un équipement fixe pour détecter les fuites de gaz. Il permet de déceler les fuites excessives de gaz au niveau de zones à risque, telles que les parois protectrices des injecteurs de gaz ou les salles d'injection de gaz. En général, deux détecteurs de gaz sont placés au niveau du sol et indiquent les concentrations de gaz en "%LIE". Une alarme indique les niveaux excessifs de gaz. Ces instruments complexes sont très utiles, mais ne peuvent pas être utilisés pour vérifier les fuites de gaz en dehors des zones monitorées par les détecteurs.

Une ventilation adéquate est le premier moyen de protection contre le danger d'accumulation de gaz inflammables. À l'extérieur de l'usine, la ventilation naturelle du mouvement de l'air assure une protection quasi totale, tant que la circulation de l'air n'est pas limitée. Par exemple, une injection de gaz à l'air libre ne comporte pas de risque. Lorsque les bâtiments, murs ou réservoirs limitent la bonne circulation de l'air, il est conseillé d'utiliser de larges ventilateurs électriques. Ils sont normalement placés à 3 mètres de hauteur et dirigés vers l'injecteur ou de tout autre équipement dans la direction du vent dominant. Il n'est pas nécessaire de les mettre en marche les jours où la circulation naturelle de l'air est bonne. Ils sont rarement antidéflagrants, mais les fils électriques sont toujours bien protégés dans des gaines, et l'interrupteur « marche/arrêt » est loin de l'aire d'injection.

Il n'est pas conseillé de relier des conduits d'agent propulseur à base d'hydrocarbure liquide à l'intérieur de l'usine. En cas de raccord, l'installation doit être aussi simple et brève que possible et utilisée uniquement pour alimenter le matériel d'injection. Le matériel de tamis moléculaire, les pompes d'alimentation d'agents propulseurs, les bon-

Certaines fuites d'agents propulseurs commencent très petites et deviennent progressivement plus grandes et plus dangereuses. Ceci s'applique principalement aux injecteurs de gaz qui fuient toujours un peu, en raison de l'usure progressive des joints de caoutchouc ou bien des ressorts qui se détendent. Les points de fuites peuvent souvent être détectés avec la condensation de l'humidité, puisque l'évaporation de la fuite d'hydrocarbure entraînera le refroidissement du point de fuite. Des fuites importantes entraîneront un tel refroidissement de la



Il y a un rond de glace solide sur cet adaptateur d'injection de gaz : c'est une fuite dangereuse. Il faut arrêter la machine et changer les joints.

bonnes de gaz ainsi que le reste des équipements doivent être conservés à l'extérieur de l'usine. Une ventilation mécanique doit être utilisée pour évacuer sans risque les émissions de gaz propulseur à l'extérieur du bâtiment. Il faudrait qu'une aération soit assurée par des ventilateurs à moteur qui fassent passer l'air dans la zone monitorée par des détecteurs placés au niveau du sol. L'air balaye alors le sol, emportant les vapeurs plus lourdes de l'agent propulseur jusqu'à l'extérieur du bâtiment, en passant par des récepteurs placés au sol. Les normes de ventilation spécifique à l'extérieur et à l'intérieur des salles d'injection de gaz seront précisés dans une section ultérieure.

Dans les entrepôts, les boîtiers aérosols pleins risquent de fuir très légèrement. La fuite n'est que d'environ 1 à 6 grammes par an, sauf en cas de défectuosité du boîtier, de la valve ou du joint. Il est pourtant fortement déconseillé de stocker plusieurs milliers de bombes aérosols dans un entrepôt fermé. Des fenêtres ou des portes ouvertes peuvent assurer une ventilation naturelle, mais il est préférable d'utiliser des ventilations au sol, en veillant à les grillager pour empêcher les rats et souris d'entrer.

Il y a déjà eu un cas où les vapeurs d'agent propulseur à base d'hydrocarbure se sont accumulées dans un coin, derrière des palettes chargées de bombes aérosols pleines, et ont pris feu au contact d'une étincelle électrique. Le bâtiment a été détruit. Dans une autre usine, les vapeurs émises par des bombes aérosols pleines se sont progressivement accumulées dans une salle au sous-sol et ont fini par causer une explosion au contact de la veilleuse d'une chaudière. La structure seule a été relativement endommagée.

Une bonne ventilation est la première et la plus importante des protections contre les risques de feu des agents propulseurs à base d'hydrocarbure. C'est un point décisif pour la protection des vies et des propriétés. La seule ouverture des portes de l'usine ne remplace pas un bon système de ventilation mécanique.

Ce «ventilateur de sécurité» indique le principaux qui rend ventilation nécessaire



ASPECTS D'INGÉNIERIE

Considérations Générales

Les réservoirs de substances en vrac et les bonbonnes de gaz inflammable doivent toujours être placés à l'extérieur. Les bonbonnes (vides et pleines) peuvent être stockées dans un bâtiment séparé de petite taille, si ce bâtiment est bien ventilé par des ouvertures au niveau du sol. Sous des climats chauds, il vaut mieux utiliser un abri fermé. Les lois locales peuvent requérir que les réservoirs de stockage en vrac soit placés à une certaine distance du bâtiment, des limites de la propriété et des réservoirs de liquide inflammables. Le minimum est en général de 8 mètres. Dans certains pays il est interdit que les réservoirs de stockage en vrac soient tournés en direction d'un bâtiment à proximité. Rien ne doit être laissé sur l'aire des réservoirs de stockage en vrac, ni barils, ni palettes de bois, ni pièces détachées. La livraison, le déchargement et le départ des camions-citernes de GNL doit s'effectuer dans un grand espace libre protégé par des barrières puissantes.

Les conduits d'agents propulseurs, les tuyaux flexibles, les pompes, les tamis, les tamis moléculaires, les valves ainsi que tout matériel similaire doivent être placés au-dessus du sol et, autant que possible, à l'extérieur. Il ne faut pas qu'ils se trouvent sur le chemin de véhicules, tels que les camions-citernes et les chariots élévateurs de l'usine. Les supports des conduits doivent être placés à intervalles réguliers. Si un gazoduc d'agent propulseur doit traverser une route, il faut qu'il soit placé à une hauteur suffisante pour éviter tout contact avec les véhicules. Il faudra installer un système de support avec une traverse afin d'éviter tout risque d'affaissement et de rupture du conduit. Dans les aires de circulation des véhicules, les traverses doivent être protégées par d'épaisses barrières de béton armé.

L'aire de stockage du GNL doit être sur un sol solide, suffisamment plat sur lequel on aura posé un film de polyéthylène lourd recouvert d'une couche de graviers de 80 à 100 mm d'épaisseur pour éviter la végétation de s'implanter. L'aire doit être entourée d'un mur ou d'une barrière, d'une hauteur minimum de 2 mètres,



Un parc de réservoirs de taille réduite bien conçu en Inde.



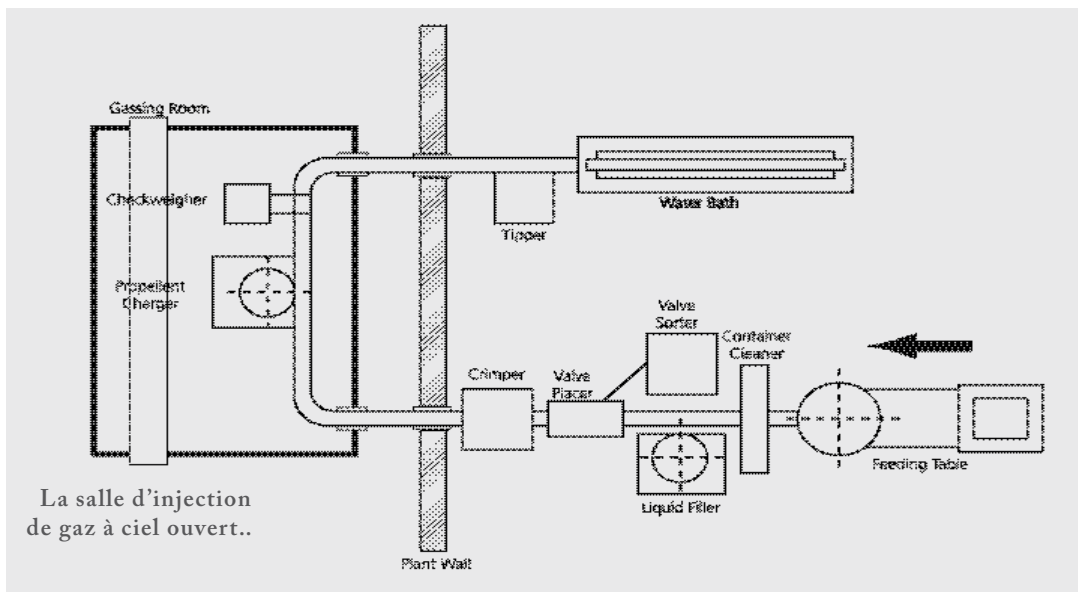
Un parc de réservoirs plus important en Inde.

avec une porte simple ou double prévue pour le déchargement des camions-citernes. Il faudrait que les réservoirs de stockage en vrac soient posés sur deux supports de béton armé. Dans des cas exceptionnels, les réservoirs de stockage en vrac peuvent être installés sous terre, à condition de prendre des précautions spéciales contre les risques de corrosion, qui pourraient provoquer des fuites avec des conséquences catastrophiques.

Il est fortement conseillé de garder les zones de conservation et traitement du gaz en extérieur. Dans des climats chauds, on peut installer des injecteurs de gaz manuels ou semi-automatiques, à une distance d'au moins 4 m de l'usine principale, et sous un toit étanche contre la pluie. Il existe aussi des injecteurs de gaz contenus dans de petites boîtes de métal, avec deux ou trois portes

d'accès. Puisque tous les injecteurs de gaz laissent s'échapper du gaz propulseur au cours des opérations, ces boîtes doivent être accompagnées d'un système mécanique d'évacuation de l'air.

Il existe plusieurs types possibles de plans pour les installations en extérieur de gaz « à ciel ouvert ». Le meilleur plan est celui dont les quatre murs sont complètement ouverts, faits d'une barrière à maillon de chaînes. Dans l'exemple # 1 la société a installé des « murs » écrans lâches accrochés au niveau de la toiture, afin d'empêcher la pluie de pénétrer à l'intérieur de cette salle autrement trop petite. Le «mur» écran doit s'arrêter à un mètre au dessus du sol, afin de ne pas limiter la circulation de l'air ce qui irait à l'encontre du concept de « ciel ouvert ». Dans l'exemple # 2 la salle est bien plus grande et puisqu'elle est située dans une propriété protégée de tout risque de vol, il n'y a aucun mur. Dans les deux cas, les opérations de remplissage et de sertissage sont effectuées ailleurs et les boîtiers sont envoyés sur chariots à l'extérieur pour l'injection de gaz.

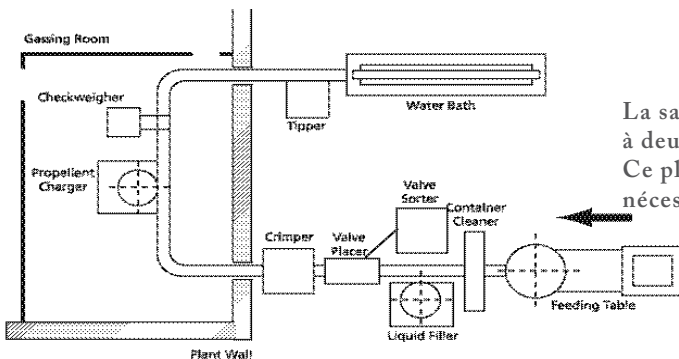
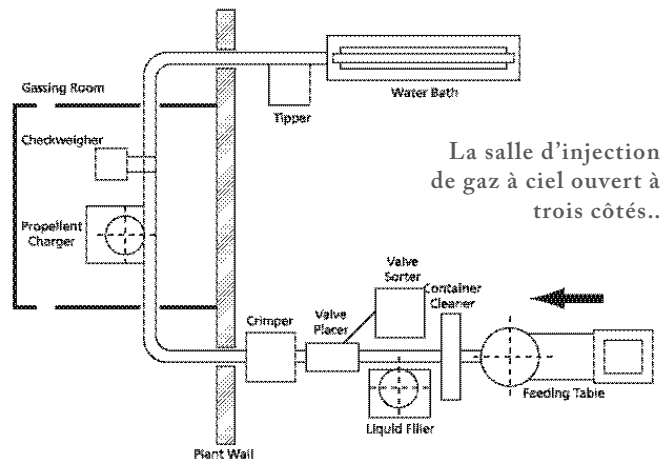


Exemple # 1:
Une salle d'injection de gaz à ciel ouvert trop petite.

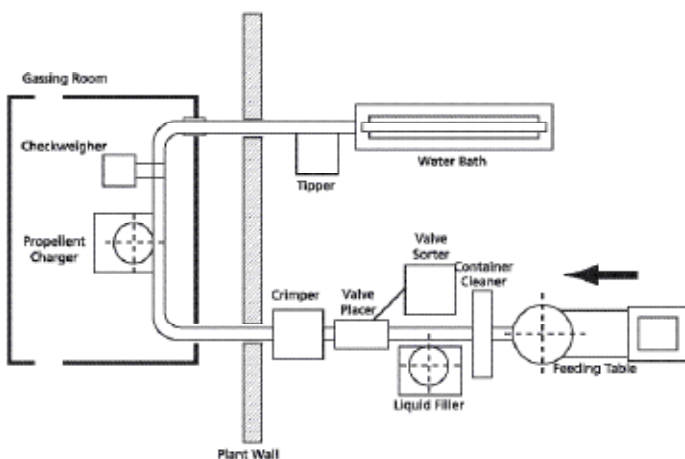


Exemple # 2:
Une installation d'injection de gaz entièrement à ciel ouvert.

Certaines sociétés installent des équipements d'injection de gaz à ciel ouvert contre le mur de l'usine – il s'agit donc d'installations à ciel ouvert à trois côtés. Dans ce cas, il est nécessaire que l'injection de gaz ait lieu à 3 ou même 4 mètres ou plus de toute ouverture dans le mur, ou bien des ventilateurs garantie explosion peuvent être utilisés pour empêcher avec l'arrivée de l'air que les émissions de gaz ne pénètrent dans l'usine principale. On peut aussi trouver des salles à ciel ouvert à deux côtés, pour lesquelles il est nécessaire d'utiliser des ventilateurs afin d'éviter que le GNL ne s'accumule et que des vapeurs inflammables ne passent dans l'usine principale.



Si les installations d'injection de gaz doivent être à l'intérieur, l'injecteur de gaz doit être placé soit dans une petite boîte de métal avec une bonne ventilation interne, ou dans un petit dépôt de combustibles, d'environ 3 x 4 x 4 m de haut, avec une bonne ventilation au niveau du sol. La tuyauterie d'évacuation doit aboutir à une zone d'émission à l'extérieur du bâtiment. Il est possible de concevoir et d'acheter des injecteurs de gaz fiables qui ne nécessitent pas la présence d'un ouvrier pour fonctionner.



Le plan de la salle d'injection de gaz close en extérieur est le même que celle de la salle d'injection de gaz à ciel ouvert à quatre côtés.

Les installations situées dans l'aire de production peuvent adopter plusieurs plans différents, mais la forme en U, avec l'injecteur de gaz au milieu prédomine. L'équipement de base inclut le produit de remplissage, le système de sertissage, l'injecteur de gaz et un bain d'eau chaude. Le reste de l'équipement inclut un inséreur automatique de soupape, des convoyeurs, des codeurs, des systèmes de comptage des boîtiers, etc. Certains injecteurs de gaz placés en intérieur font partie de machines à mouvement rotatif combinant un système de remplissage, sertissage et injection de gaz. Si la chaîne inclut un injecteur de gaz d'extérieur, les boîtiers remplis et sertis sont transportés à au moins 2 m du bâtiment principal, jusqu'à l'injecteur de gaz. Après l'opération d'injection de gaz, elles sont transportées à l'intérieur de l'immeuble et en général directement dans le bain d'eau chaude. L'aire de production en intérieur doit être ventilée et située suffisamment loin de l'aire d'entrepôt des produits finis.

Mesures de sécurité

Une certaine quantité de gaz à base d'hydrocarbure inflammable et explosif (entre 2 et 3 ml. de fuite liquide par boîtier plein) peut entrer dans le bâtiment de l'usine suite à des opérations normales d'injection de gaz, ou suite à des fuites au niveau des joints de tuyauterie, des pompes ou d'une autre élément de l'installation. Il est possible qu'il y ait parfois des fuites de gaz très dangereuses, à cause d'un tuyau défectueux ou d'une rupture de conduit. Une bonne ventilation est le premier système de lutte contre le risque d'accumulations de gaz.

Les injecteurs de gaz extérieurs sont d'abord ventilés par l'action du vent, accompagnée par de grands ventilateurs. Les injecteurs de gaz extérieurs placés dans des boîtes de métal possèdent presque toujours un système de ventilation à cause de l'enceinte. Si ces injecteurs de gaz sont utilisés à l'intérieur, le mélange émis de gaz et d'air doit être dirigé dans un conduit métallique et transporté à l'extérieur. Sinon, le système de ventilation de l'injecteur de gaz



Ces dépôts de combustibles en extérieur ont été construits conformément aux indications données dans ce manuel.

enclos ne sert à rien, et devient même dangereux.

L'équipement d'injection de gaz est en général placé à l'extérieur dans une salle d'injection de gaz qui bénéficie d'un système de haute protection. Ces structures de métal et de béton possèdent un équipement de ventilation souvent placé sur la toiture. L'arrivée d'air se fait le long du mur le plus long et passe par des détecteurs placés au niveau ou près du niveau du sol. L'air se déplacera le long du sol, le débarrassant des vapeurs lourdes de PAH, et passera ensuite par une série de détecteurs situés au niveau du sol sur le mur opposé. Cela poussera le mélange gaz-air dans un système de canalisation métallique qui débouche sur l'extérieur à une hauteur minimum de 5m.

Le taux de ventilation est très important. On peut le calculer à partir de données supposées telles que le facteur de sécurité (en général de 20 %) et le pourcentage LIE au point d'équilibre (normalement compris entre 8 et 10 %). Par exemple, si l'injecteur de gaz laisse s'échapper 1.5ml. de PAH liquide par boîtier et fonctionne à 37 boîtiers la minute, alors le taux d'évacuation sera de 500 mètres cubes par heure. Le moteur du ventilateur du système d'évacuation doit être réglé en fonction du taux maximum d'évacuation de gaz calculé.

De l'air peut aussi pénétrer à travers notamment les ouvertures situées à la base de l'un des murs sur la longueur et en partie par les ouvertures du mur qui permettent le transport des boîtiers dans la salle d'injection de gaz et de la salle d'injection de gaz vers l'extérieur. Ces ouvertures doivent être suffisamment grandes pour éviter une forte pression négative au passage de l'air, ce qui entraînerait une surexploitation du système d'évacuation. La pression doit être légèrement négative. Avec des systèmes de ventilation plus sophistiqués, l'air supplémentaire est créé mécaniquement et produit pour représenter environ 95 % du volume d'air évacué. Ceci permet d'avoir une légère pression négative dans la salle d'injection de gaz.

Il faut que l'air de ventilation circule de manière régulière sur toute la surface du sol. Il faut limiter les tables de travail, barils ou autres qui risqueraient de gêner la libre circulation de l'air. Les portes doivent être fermées. Il faut supprimer au sol tout ce qui risque d'accumuler et de concentrer les vapeurs lourdes de gaz, tels que les systèmes d'écoulement, les cuvettes, les gouttières et autres trous au sol. Il faut toujours prendre en compte que les PAH sont beaucoup plus lourds que l'air.

Table # 2: Densité des vapeurs de PAH (la densité de l'air = 1.0) :

Substance:	Weight as Vapor:
Aire	1.0
Propane	1.55
Isobutane	2.01
Butane	N 2.08

Les meilleurs dépôt de combustibles ont un système de ventilation à deux vitesses qui est connecté électriquement à un détecteur du %LIE. En cas de détection d'une situation anormale, à une concentration de 20 % de LIE, le niveau de ventilation normal passera automatiquement au niveau d'urgence, qui est en général trois fois plus rapide (soit 1500 mètres cubes dans notre exemple). Dans le même temps, un signal d'alarme, telle qu'une sonnerie ou une lumière jaune clignotante, se déclencherà.

Ces normes de ventilation sont aussi valables pour des salles d'injection de gaz en intérieur, là où il est question de la sécurité de nombreux employés et du bâtiment principal. Il est nécessaire de transporter le mélange d'évacuation gaz-air à l'extérieur par des conduites métalliques qui passent soit par la toiture de l'usine soit à travers un mur.



Cette petite salle d'injection de gaz en Tunisie possède une seule cheminée d'évacuation mais deux vitesses d'extraction

Si le système de ventilation ne fonctionne plus, il faut arrêter immédiatement la production. Dans l'exemple d'une perte de 1,5 ml. d'agent propulseur liquide par boîtier, à raison de 37 boîtiers par minute, 56 ml. de liquide s'échapperait à chaque minute. Dans le cas de l'isobutane, ceci produirait 12.8 litres de gaz pur ou 0.712 mètre cube de mélange d'air et de LIE inflammable. Quelques minutes suffiraient pour faire exploser une salle d'injection de gaz de petite taille, en cas de contact avec une source d'ignition.

Le matériel de ventilation ainsi que tout autre équipement est important. Si il y a une panne de courant ou une rupture dans la chaîne de transport – ou un problème de thermostat - le bain d'eau chaude risque de surchauffer et de faire exploser des boîtiers. Les boîtiers qui flottent dans l'eau risquent aussi de surchauffer s'ils sont proches de l'arrivée d'eau chaude. En cas d'éclatement de plusieurs boîtiers, une quantité dangereuse de PAH s'échappera. Les boîtiers qui fuient dans le bain d'eau chaude sont normalement mis dans un baril de collecte, à l'extrémité du bain. Ils risquent de remplir le baril de gaz inflammable qui s'échappera par-dessus le bord (de manière invisible) et se répandra sur le sol. Le baril doit être purgé à l'extérieur à des intervalles réguliers, mais il vaut mieux installer un système d'évacuation au-dessus du bain d'eau chaude avec un petit tuyau flexible attaché au niveau du fond du baril pour évacuer systématiquement toute vapeur de PAH émise. Le baril de collecte doit être fixé au sol.

La ventilation au sol à vitesse réduite de l'aire de production, avec un courant d'air circulant à une vitesse de 300 mm par minute, supprimera toute vapeur provenant de fuites au niveau des conduites d'agents propulseurs reliées à l'injecteur de gaz. Cette vapeur est causée par une obstruction du convoyeur qui risquera de trouser les boîtiers, par une réduction des tunnels (utilisés pour l'application de certaines étiquettes) par surchauffe, ou au niveau des réservoirs de propane des chariots élévateurs et suite à l'application aux bombes aérosols de boutons poussoirs et de diffuseurs de mousse. Si les mouvements de l'air sont suffisamment libres dans l'aire de produc-

tion, ce système de ventilation général n'est peut-être pas nécessaire.

Le ventilation fournie par des portes ouvertes, au moment des heures de travail, est en général suffisante pour supprimer les vapeurs émises à des niveaux très bas par des milliers de boîtiers remplis, par les boîtiers perforés à cause d'une corrosion avancée,

et de boîtiers perforés ou écrasés par des engins élévateurs. Des récipients fragiles de liquides hautement inflammables, comme des diluants pour peinture, ont pu en tombant provoquer des incendies d'entrepôts. S'ils éclatent et que le liquide se renverse, ils risquent de prendre feu et faire chauffer puis exploser les bombes aérosols qui se trouvent à côté, entraînant la destruction de l'entrepôt et de son contenu. Il est arrivé que des incendies de ce type aient brûlé pendant 8 jours et que leur coût se soit élevé à plus de US\$ 100,000,000.

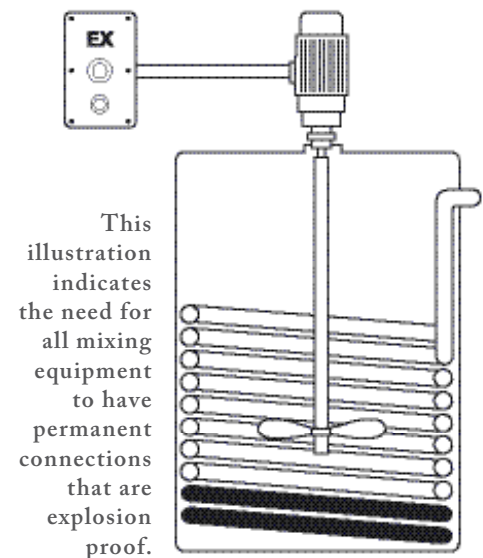
En général, Il n'est pas nécessaire de ventiler les entrepôts de matériels vides (boîtiers, soupapes, capuchons, boîtes en carton ondulé). Dans un entrepôt, des piles de carton ondulé ont pris feu à cause de deux employés qui fumaient dans une de ces zones de rangement. Cela a dégagé un nuage de fumée très dense qui empêchaient les pompiers de bien voir à travers. Certains ont été hospitalisés pour en avoir respiré une trop grande quantité. L'usine a été épargnée, mais les dégâts ont tout de même été considérables.

Les entrepôts de matériau chimique doivent avoir un système de ventilation modérée, limité en général aux détecteurs muraux qui laissent passer les courants d'air dans la zone. Certaines usines stockent systématiquement les liquides très inflammables et volatiles (comme le pentane) à l'extérieur de l'usine, et les protègent des rayons du soleil. L'aire de stockage en intérieur doit être inspectée chaque jour pour s'assurer qu'il n'y ait pas de fuite ni de vapeurs chimiques accumulées.

Toutes les zones de mélange doivent être bien ventilées. Les diluants tels que l'éthanol, l'isopropanol et spécialement l'acétone, sont volatiles et peuvent produire des vapeurs inflammables. Le risque devient plus grand lorsqu'il fait chaud. Les vapeurs de pentane et d'hexane sont extrêmement dangereuses. Les vapeurs sont jusqu'à trois fois plus denses que l'air, et leur LIE est compris entre 1.2 et 1.4 % par volume. S'il y a du vent, alors il suffit de laisser de grandes portes ouvertes. Il est sinon nécessaire d'utiliser un système de ventilation mécanique à grande capacité avec des points d'arrivée d'air au niveau du sol. Les sources d'ignition doivent être systématiquement supprimées des aires de mélange et tout le matériel électrique doit être antidéflagrant. Ces zones ont été le foyer d'un certain nombre d'incendies, provoqués en général par des étincelles. Des usines d'aérosols au Canada, en Afrique du Sud et en Inde ont été entièrement détruites par des incendies de diluants dans les zones de mélange ou de remplissage.

Plusieurs réservoirs de mélange et de stockage vides risquent d'être remplis par des vapeurs de diluants inflammables. Si des employés entrent dans ces réservoirs, ils risquent de mourir à cause des vapeurs nocives ou par manque d'oxygène. Avant de nettoyer les réservoirs, il faut faire sortir les vapeurs par la sortie du fond et les évacuer à l'extérieur de l'usine. Cette opération doit faire partie de la routine d'entretien. Il est très important que les réceptacles de mélange soient reliés électriquement à la terre. Il y a en effet eu des incidents où les vapeurs ont pris feu sans raison apparente.

Après la ventilation, la mesure de sécurité la plus importante est la détection de gaz inflammable, qui est assurée par un équipement de détection de gaz fixe et portatif. L'équipement fixe est une large boîte de contrôle, sur



laquelle se trouvent deux sondes (ou capteurs) fixées au niveau de zones sensibles. Par exemple une sonde de gaz, qui est assez petite, peut être fixée au détecteur d'émission de gaz, dans la direction du courant de vapeurs PAH émises au niveau de l'injecteur de gaz, et à environ 100mm au-dessus du niveau du sol. La boîte de contrôle aura une ou deux jauges numériques de %-LIE. Lorsqu'une des jauges est utilisée, elle indiquera le niveau le plus haut détecté par les deux sondes. Si les deux jauges sont utilisées, elles indiqueront le niveau de chacune des sondes. Ces niveaux sont très importants puisqu'ils permettent de détecter suffisamment tôt des problèmes qui risquent autrement de dégénérer en situations graves. Il faut les vérifier toutes les 20 ou 30 minutes pendant les opérations de production.

Table de signification des niveaux de %-LIE :

LIE 0-3 % :	Niveau anormalement bas pendant les opérations de production. Vérifier l'appareil.
LIE 3-10 % :	Niveau normal, au cours des opérations de production.
LIE 10-20 % :	Niveau tolérable, mais qui nécessite une vérification ; risque de fuite légère.
LIE 20-40 % :	Indique une fuite importante de PAH. Le système de ventilation d'urgence doit se mettre en marche automatiquement. Une sirène à faible volume et le voyant lumineux jaune d'alarme doit être activés. Il faut identifier la fuite immédiatement.
LIE 40 % ou plus haut :	Indique une fuite de PAH très dangereuse. Tous les employés exceptés ceux qui ont reçu la formation requise doivent évacuer l'usine. Toute activité de production doit cesser. L'agent propulseur doit être fermé au niveau de l'injecteur de gaz ou du dépôt de combustibles. Les conduites d'agent propulseur au niveau de l'injecteur de gaz ou à l'intérieur du dépôt de combustibles doivent être purgées. La sirène d'alarme doit retentir à haut volume et les voyants clignotants d'alarme rouge doivent être activés. Il faut immédiatement identifier le problème et y remédier.

Il existe deux types d'instruments fixes de détection de gaz . Ils utilisent tous les deux des boîtes de contrôle qui ne sont pas garanties contre les explosions et qui doivent être placées loin des zones à risque. Le matériel le plus petit et le moins cher opère conformément au principe de Wheatstone Bridge. Il s'agit de la méthode "Hot Wire". Des sondes sont connectées électriquement à la boîte de contrôle. Un inconvénient mineur est que les sondes risquent parfois d'être désactivées à cause d'un contact prolongé avec des nuages de silicone et, dans le cas des modèles les moins récents, à cause des vapeurs de diluant au chlore. La plus petite boîte de contrôle peut mesurer 300 x 400 x 250 mm de profondeur.

La seconde méthode consiste en un système de mesure spectrophotométrique d'absorption. Il s'agit du système à « Infra-Rouge ». De très petits tubes de cuivre transportent de manière continue un échantillon du mélange gaz-air qui est analysé dans la boîte de contrôle. La taille de la boîte de contrôle varie, mais elle peut atteindre 1, 8 m. de hauteur. Ces instruments possèdent un système interne de test et sont très fiables.

Tous les systèmes fixes de détection de gaz doivent être installés, vérifiés et calibrés par des experts.

Les sondes de %-LIE doivent indiquer un niveau de 0 %-LIE lorsque la chaîne de production n'est pas en



Il est facile de se procurer des détecteurs de fuite de ce type. Ils coûtent cher, mais ils sont essentiels pour la sécurité de l'usine..

activité, même lorsque les conduites, les tuyaux et les barils de remplissage contiennent du PAH liquide. Tout autre niveau indique une fuite de gaz ou une erreur de calibrage. Dans plusieurs usines d'aérosols, on trouve un registre sur lequel sont marqués les niveaux de LIE de 5 % LIE. Il faut procéder régulièrement au recalibrage des instruments en remplissant de mélanges gaz-air normaux un petit sachet de papier ou un ballon placé autour des sondes. Les détecteurs de gaz sont encore plus importants lorsque les injecteurs de gaz sont situés à l'intérieur des bâtiments.

Les unités portatives de détection de gaz sont petites et pèsent parfois moins d'un kilogramme. On peut facilement les porter à la main et les utiliser pour vérifier les fuites d'agent propulseur au niveau notamment des joints de conduites, des soupapes, des pompes, des tamis, des tamis moléculaires. Ils sont parfois appelés « Explosimètres ». Ils indiquent une fuite avec un son sec ou long, qui s'intensifie au fur et à mesure que l'appareil détecte de plus grandes concentrations d'émissions de gaz. Ce n'est pas rare que des usines d'aérosols perdent entre 5 et 10 % de leur propulseur à cause d'une fuite, auquel s'ajoute entre 3 et 6 % de perte au niveau

de l'injecteur de gaz. Les fuites peuvent donc non seulement représenter un danger potentiel mais aussi devenir un problème économique.

Les détecteurs portatifs doivent être utilisés au moins une fois par jour pour vérifier les fuites éventuelles. Il faut éviter de les mettre en contact à des vapeurs de diluants au chlore et des nuages de silicone bien qu'il existe des modèles qui sont garantis contre la corrosion causée par les diluants au chlore. Il faut qu'ils soient propres, équipés de piles neuves quand nécessaire et calibrés régulièrement, surtout s'ils sont tombés. Comme ils coûtent US\$1500, il faut les stocker en lieu sûr et leur usage doit être réservé au personnel qualifié. L'entretien et la vérification régulière des détecteurs portatifs, surtout dans les pays en voie de développement où ce type de détection est le moins coûteux, est essentiel à la sécurité de l'usine.

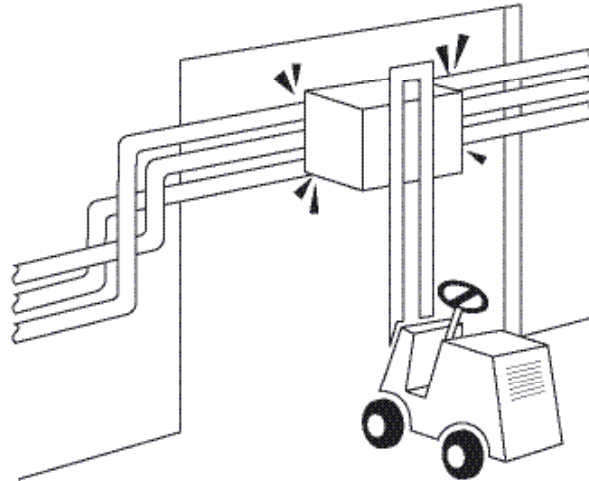
Les fuites qui représentent le plus de risque sont situées à l'intérieur là où il y a peu ou pas du tout de circulation d'air. Il y a souvent des fuites au niveau des pompes, ainsi qu'au niveau des brides d'accouplement de conduites, des joints de tuyaux et des têtes d'injecteurs de gaz. Les joints de conduite avec un cordon de soudure ne fuient presque jamais et doivent être préférés aux joints et brides d'accouplement filetés. Les fuites deviennent souvent plus importantes avec le temps. Il faut immédiatement remédier à toute fuite notable en intérieur. Dans certaines usines, le responsable demandera un « Rapport de fuites » quotidien, qui indique les détections de fuites et les interventions. Cela lui permet de s'assurer que cet aspect essentiel de l'entretien n'a pas été négligé.

Chaînes de transfert (Conduites et tuyaux)

Les conduites sont chargées de transporter l'agent propulseur liquide en toute sécurité depuis les barils de stockage jusqu'à l'injecteur de gaz. Les réservoirs de stockage en vrac possèdent aussi une tuyauterie de retour. La tuyauterie consiste entre autres en soupapes, pompes, tamis moléculaire et tamis. Les joints à écrous finiront toujours par fuir. Les joints à écrous doivent être filetés avec une matrice serrée, bien nettoyés, entourés de bande étanche Teflon™, et serrés avec plus de force que d'habitude. Les joints de bride sont meilleurs, mais plus chers. S'ils sont démontés, la rondelle joint doit être remplacée. Il est préférable d'utiliser des cordons de soudure.

Pour les chaînes d'aérosol à vitesse lente et moyenne, il n'est presque jamais nécessaire que le débit d'agent propulseur dépasse les 20 litres par minute. Les hydrocarbures liquides ont aussi des propriétés de viscosité extrême-

Des accidents graves peuvent arriver si les engins élévateurs ou tout autre véhicule peuvent atteindre et endommager les conduites d'agent propulseur.



ment basses. Il suffit donc d'avoir des conduites relativement petites pour transporter l'agent propulseur à l'injecteur de gaz. En cas de chute soudaine et excessive de pression ou si le débit est insuffisant, il faut d'abord vérifier le tamis qui est derrière le tamis moléculaire ; il est possible qu'il soit en partie obstrué.

Chaque élément de la chaîne d'agent propulseur doit pouvoir supporter une pression équivalente à au moins deux fois le maximum de pression de la pompe, sans fuite ni rupture. En général, on utilise uniquement des conduites d'acier à service intensif (ou à double puissance), du diamètre le plus grand. Il est conseillé d'utiliser des conduites



Les conduites d'agent propulseur en tranchées sont mieux mais plus coûteuses.



On peut voir dans cette excellente installation en Thaïlande des piliers de protection, de bonnes barrières et un système de déchargement en parallèle. Remarquez aussi la hauteur du « pont de conduite ».

d'un diamètre intérieur minimum de 25 mm pour la chaîne de liquide, et de 20mm pour la chaîne de retour au réservoir de stockage en vrac. Il faut éviter les coudes à angle droit ; il vaut mieux des changements de direction arrondis. Il faut éviter autant que possible d'utiliser des raccords de réduction (pour ajuster les pompes, soupapes, etc...). On peut utiliser des petites longueurs de tuyaux flexibles, d'un diamètre intérieur pouvant aller jusqu'à 20mm, mais ils devraient être réservés à un service d'au moins 120 bars de pression et rendus conducteurs afin d'empêcher les accumulations de charges statiques.

Pour le service d'agent propulseur jusqu'à des injecteurs de gaz en intérieur, il faut limiter la longueur de la conduite et le nombre de raccords à l'intérieur de l'usine. La longueur des tuyaux flexibles à l'intérieur ne doit pas dépasser 2 m. et il faut veiller à ce qu'ils ne soient pas pliés, notamment à côté des joints et il faut vérifier régulièrement

qu'il n'y a aucun signe d'usure ou de détérioration. La tuyauterie à l'intérieur de l'usine doit être soutenue à des points suffisamment proches et hors du champ de manœuvre des engins élévateurs. Il faudrait que la tuyauterie soit de couleur rouge vif et porte l'inscription « Propulseur – Extrêmement inflammable ».

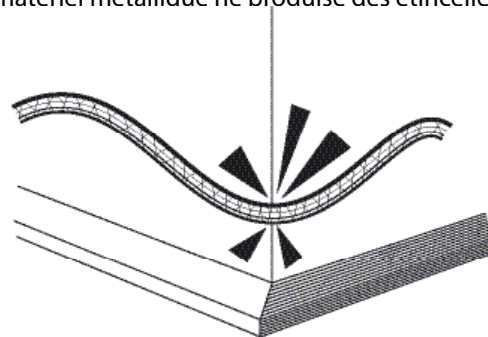
A l'extérieur du bâtiment de l'usine, il faut protéger les conduites d'agents propulseurs de tout risque de dégâts causés par les engins élévateurs, les camions citernes ou tout autre équipement lourd. Les conduites qui se trouvent au niveau des voies d'accès et de transport de l'usine doivent être installées à moins 7 m de hauteur et soutenue par des pylônes en acier et une traverse en acier. Il n'est pas conseillé d'enterrer les conduites. Il arrive que les conduites passent sous les voies de transport dans des tranchées en ciment recouvertes de grillage en acier fort. La tranchée doit être régulièrement purgée et nettoyée. Il faut éviter cette méthode dans les pays tropicaux, où les pluies torrentielles risquent de causer des inondations avec un effet corrosif dramatique. La méthode sous terre est aussi plus chère que la méthode surélevée.

Il est arrivé que des installations de conduites d'agent propulseur aient été sérieusement endommagée par des camions citernes. Il faudrait que le camion puisse se déplacer le long de l'aire de déchargement, plutôt que de devoir faire marche arrière pour y accéder. Si le déchargement doit se faire en marche arrière, il faut avoir un mur très épais de béton armé pour empêcher le camion de reculer trop loin et d'heurter les conduites. Les barrières verticales risquent d'endommager certains camions. Les barrières inclinées protègent à la fois les camions et les conduites.

Avant de décharger l'agent propulseur dans les conduites d'alimentation, il faut que le camion citerne soit électriquement relié à la terre et il faut placer des blocs de bois (des cales) contre les roues afin d'empêcher tout mouvement au cours du déchargement. Il est arrivé au moins trois fois (à chaque fois aux USA) que le camion bouge au cours du déchargement. À chaque fois, le tuyau s'est détaché et son mouvement était si violent qu'il était impossible de couper le débit d'agent propulseur. Tous les camions citernes aux USA ont maintenant des vannes d'arrêt contre les débits trop importants afin d'éviter que de tels événements ne se reproduisent. Ce n'est peut-être pas le cas dans tous les pays.

Des étincelles sont à l'origine de presque tous les incendies et explosions dans des usines d'aérosols. Il faut éliminer ces étincelles au maximum. Une étincelle électrique (statique) est produite quand deux objets de charge électrique différente sont très proches ou entrent en contact. Une façon d'éliminer ces étincelles est de connecter entre eux tous les éléments de l'installation de la chaîne d'aérosol, de la tuyauterie et des réservoirs. Les machines sont en général connectées par deux fils ou gaines de cuivre – qui pendent de manière lâche, afin de pouvoir accuser les mouvements mineurs des machines en activité. Il faut qu'un des éléments soit relié à une fiche de terre (ou de masse). Il s'agit en général d'une tige d'acier pointue d'environ 20 mm de diamètre, enfoncée d'au moins 3 m dans le sol. Il peut y avoir trois ou quatre tiges de masse de ce type dans une usine. Elles doivent atteindre une zone d'humidité et de conduction dans le sol pour que la résistance ne dépasse pas 10 ohms. S'il fait sec, de l'eau peut être versé dans un petit trou situé au niveau du haut de la tige. Ceci empêchera que le matériel métallique ne produise des étincelles d'électricité statique.

Les objets non-métalliques peuvent encore provoquer des décharges statiques. Même si le cas est rare avec les hydrocarbures, il est possible que des charges statiques s'accumulent sur les tuyaux en caoutchouc qui n'ont pas de centre ou de gaine extérieure tressée en acier inoxydable (ou en tout autre métal). Cela arrive souvent en Chine où l'éther de diméthyle est un propulseur commun. Les charges statiques peuvent aussi s'accumuler sur les courroies en plastique de convoyeur. C'est pour cela qu'il faut toujours utiliser des courroies en acier inoxydable autour des injecteurs de gaz. Une charge statique peut aussi être créée par frottement de vêtements en soie ou en synthétique portés par les employés.



La détérioration d'un coin peut provoquer une usure. Il faut inspecter les tuyaux de caoutchouc pour tout signe d'usure.

Cela créera des étincelles lorsqu'ils toucheront du matériel mis à la terre ou lorsqu'ils marcheront sur des sols de ciment ou de métal conducteur. Ce phénomène est à l'origine de certains incendies de petits dépôts de combustibles, où du personnel de manutention et d'entretien ont eu des brûlures légères aux mains. Il faut que ces employés portent des vêtements en coton, qui ne génèrent pas de charges statiques. Les chaussures à bout métallique sont une protection supplémentaire contre la production de charges statiques dans ces zones hautement protégées.

Les tuyaux flexibles représentent en général l'élément le moins sécuritaire du système de transport de l'agent propulseur. Les tuyaux qui ne sont pas fabriqués à partir d'hydrocarbure de service ou qui sont faits de matériaux de mauvaise qualité ou qui sont vieux et usés sont très dangereux et risquent de causer des fuites importantes ou même de se déchirer. Des vannes d'arrêt contre les débits trop importants peuvent être installées en amont des tuyaux flexibles mais elles ne seront efficaces que si la fuite dépasse le débit maximum conçu pour le système de canalisation. Dans tous les cas, tout le liquide qui se trouve dans le tuyau et en aval (jusqu'à une vanne d'arrêt de flux de retour) s'échappera rapidement. Cela constitue un grave danger en intérieur et nécessite l'évacuation immédiate des employés.

Les tuyaux flexibles doivent être correctement utilisés et entretenus. Ils doivent être soutenus à intervalles réguliers et surélevés par rapport au sol. Ils doivent être bien visibles, d'une extrémité à l'autre. Il ne faut pas qu'ils passent par des ouvertures murales ni qu'ils soient soumis à des vibrations trop grandes causées par les machines. Les tuyaux flexibles doivent être loin des allées et des voies de communication de l'usine. Il ne faut les utiliser que si cela est nécessaire et ils ne doivent pas faire plus de 2m de long.

Il faut souvent vérifier qu'ils ne sont pas usés. Ils sont de moins en moins fiables lorsque la température dépasse 52°C environ. Il ne faut pas faire de travail de soudure ou autre travail à haute température à moins de 10m de toute conduite ou tuyau d'agent propulseur. S'il est nécessaire d'en faire à une distance plus proche, alors l'ingénieur responsable doit donner son accord, et toutes les conduites, tous les tuyaux et tout l'équipement doivent être purgés d'agent propulseur liquide et nettoyé avec du nitrogène. Dans une usine d'aérosol en Afrique, une petite salle d'acier fondu d'une opération de soudure a touché et brûlé presque entièrement un tuyau en caoutchouc renforcé de nylon. Lorsque le tuyau a été rempli d'agent propulseur le lendemain matin, la zone atteinte a éclaté. Une grande quantité de PAH a été émise. Heureusement, cela n'a provoqué ni incendie ni explosion mais le bâtiment a été évacué jusqu'à ce que le tuyau puisse être remplacé en toute sécurité. La production a été arrêtée pendant plusieurs heures.

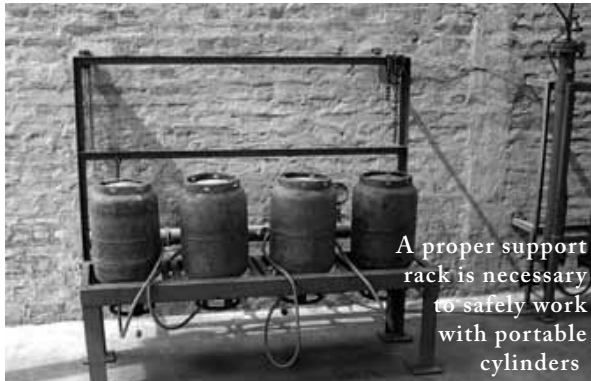
Les tuyaux flexibles de petit diamètre sont souvent utilisés sur des injecteurs de gaz pour transporter l'agent propulseur aux têtes individuelles d'injection de gaz dans leur mouvement de va-et-vient. Si elles touchent la colonne centrale ou d'autres parties de l'injecteur de gaz pendant leur mouvement, cela risque de provoquer une usure grave. Il faut vérifier que les injecteurs de gaz n'ont pas été affectés. Il suffit de quelques minutes pour en corriger l'effet. Tout tuyau abîmé doit être remplacé avec un des tuyaux stockés dans la « Réserve de Pièces détachées ». L'agent propulseur doit toujours circuler dans les tuyaux depuis les joints mâles jusqu'aux joints femelles.

Matériel et Systèmes de Sécurité d'Urgence

Un certain nombre d'équipements de sécurité sont utilisés pour assurer la protection des vies et de la propriété. Certains sont automatiques, tels que les systèmes électro-protecteurs, alors que d'autres sont conçus pour être opérés manuellement. Les normes de l'usine diffèrent en fonction de la qualification des ingénieurs et de l'importance accordée aux mesures de sécurité. Les usines plus importantes nécessitent en général un matériel de sécurité qui garantit une protection plus grande puisque leurs activités sont plus complexes et qu'elles traitent de plus grandes quantités de liquides et de gaz inflammables.

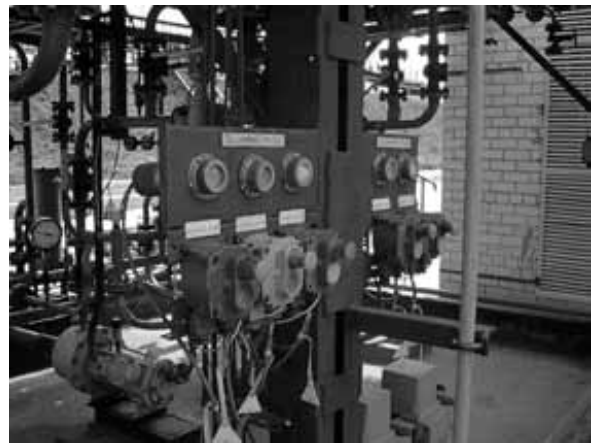
Les enceintes d'injection de gaz (à l'intérieur et à l'extérieur) doivent avoir un ou plusieurs interrupteurs manuels. Ils sont situés près des portes à l'intérieur de l'aire d'injection de gaz. Il faut qu'ils soient bien visibles et faciles d'accès. Certains employés, tels que les opérateurs d'injecteurs de gaz, doivent connaître leur emplacement et leur mode

d'utilisation. Il faut actionner ces interrupteurs immédiatement en cas d'incendie, de problème de ventilation, de déclenchement de l'alarme à 40 %-LIE (ou plus) de l'équipement de détection de gaz inflammable, et en cas de fuite de gaz inflammable d'une conduite, d'un tuyau ou de tout autre matériel.



Actionner l'interrupteur d'urgence permet de stopper la chaîne de production d'aérosol et de fermer une électro-valve, en général placée juste à l'extérieur de la salle d'injection de gaz ou de l'usine, ce qui a pour effet d'empêcher toute diffusion d'agent propulseur dans les bâtiments. Ces valves permettent aussi d'évacuer l'agent propulseur liquide des bâtiments, par une conduite de diamètre intérieure compris entre 10 et 12 mm qui se dresse verticalement jusqu'à un puit au-dessus de la toi-

ture. L'agent propulseur liquide dans les conduites, les tuyaux et l'injecteur de gaz s'échappera par cette petite conduite, s'évaporerait dans l'air et sera dispersé dans le vent. Ces électro-valves sont souvent appelées vannes « bloquer et couler » pour indiquer leur fonctionnement. En cas d'incendie dans une salle d'injection de gaz, le foyer sera en général au niveau de l'aire où l'injecteur de gaz produit les bombes aérosols. C'est là que le gaz PAH est le plus concentré. Il se répandra dans toutes les directions, à raison de 307 m par seconde environ, tant qu'il reste du carburant. Les employés qui travaillent près de l'injecteur de gaz risquent d'être brûlés et incapables de réagir à temps.



Les vannes d'arrêt en cas de débit en excédent (flèche) doivent toujours être installées au niveau de la sortie des réservoirs de GNL stocké.

Si l'incendie est relativement petit et que l'opérateur n'est pas trop près du foyer, il peut déclencher en appuyant sur un interrupteur un système d'arrosage dense et violent depuis des têtes d'extincteurs placées au niveau du plafond. Il s'agit d'un équipement de sécurité appelé « système déluge ». L'eau permettra de contrôler l'incendie, mais surtout garantira la protection des employés en leur évitant de graves brûlures.

Les meilleurs « systèmes déluge » utilisés par les usines les plus grandes se déclenchent automatiquement. Une petite boîte qui contient deux indicateurs de flammes jumeaux est placée juste en dessous du plafond et ajusté de façon à faire face à l'injecteur de gaz. Si un incendie est détecté, le système électrique réagit immédiatement en ouvrant instantanément une valve qui assure l'arrivée de l'eau dans la salle. Ce système garantit une meilleure protection que celui de l'interrupteur manuel, parce qu'il permet de contrôler l'incendie quand il est encore de taille réduite.

Il doit faire l'objet d'une inspection et d'un entretien régulier afin de s'assurer que le système puisse fonctionner correctement en cas de besoin. Une inspection tous les six mois est en général suffisante.

Selon les normes de sécurité, les moteurs électriques, ainsi que le reste du matériel, situés dans les zones à haut risque, telles que les zones à une distance comprise entre 12 et 15 m d'un injecteur de gaz, d'un réservoir de GNL ou d'un tamis moléculaire, doivent être antidéflagrants. Il est conseillé d'équiper toute l'aire de production d'aérosols de ce type d'installation puisque les bains d'eau chaude, les machines qui fixent les boutons pressoirs ou diffuseurs aux valves, etc... risquent de laisser s'échapper des vapeurs de gaz inflammables. Il est possible de faire exception pour

les boîtes de contrôle de détection de gaz, puisqu'elles sont normalement situées à 1 ou 1,5 m de hauteur et que les placards sont fermés de manière étanche.

La pression des réservoirs de stockage en vrac conçus pour le stockage de gaz inflammable doit être de 18 bar en activité comme celle des « réservoirs de propane ». Il y aura en général une vanne d'arrêt en cas de débit excessif à l'intérieur du réservoir au niveau de la conduite de sortie du liquide. Cela permettra d'arrêter le débit de liquide si la conduite est défectueuse. Si le raccord n'est pas fourni, il faut qu'il soit installé par le vendeur ou l'acheteur, parfois sur la conduite de sortie, juste à la sortie du réservoir, mais les vannes d'arrêt internes sont plus sûres.

Lorsque des bonbonnes de 50kg de gaz inflammables sont utilisées, le gazoduc qui est fixé à un ou plusieurs de ces réservoirs inversés doivent aussi avoir une vanne d'arrêt en cas de débit excessif, le plus proche possible de ces bonbonnes (certaines possèdent parfois des soupapes de ce type, mais on ne peut s'en contenter). Il est aussi essentiel que ces bonbonnes soient attachées par des courroies ou des chaînes à des supports de rangement à bonbonnes adéquats, pour éviter qu'elles ne tombent et ne rompent leurs tuyaux de connections.

La conduite de sortie d'un réservoir de stockage en vrac de GNL devrait posséder une vanne de sécurité en cas de débit excessif, une valve d'arrêt normale, avant d'être connecté à une pompe de basse pression. La pompe devrait faire monter la pression de l'agent propulseur entre 7 et 10 bars de plus. Ceci empêche la formation de poches de gaz dans le gazoduc et facilite le passage du GNL dans la conduite, contre la pression inverse de la chaîne de retour du réservoir de stockage en vrac. Il est essentiel que la pompe, si elle est électrique, soit entièrement antidéflagrante.



These enclosed explosion proof lights are from a gassing room in Jordan.

Il est important que la pompe soit installée à au moins 2m de « l'encombrement au sol » du réservoir et qu'elle ne soit pas sous un auvent ; ce qui a pu être démontré lorsque l'agent propulseur d'une pompe de ce type a fuit au niveau du gland de presse-étoupe (tourillon) faisant disparaître presque la totalité du lubrifiant. Ceci a provoqué un frottement et une surchauffe. Le niveau de la fuite a augmenté. Lorsque la chaleur est devenue forte, une petite flamme s'est créée, ce qui a enflammé les émissions de gaz. Avant que le problème ne soit découvert, un jet enflammé de gaz, d'environ 25 ou 30 m de hauteur s'était formé. La pompe était sous une des extrémités du réservoir de telle sorte que les flammes sont entrées en contact avec une grande partie du réservoir. La soupape d'arrêt, qui avait aussi chauffé, a été fermée avec grande difficulté. Si on n'avait pas réussi à la fermer, le réservoir aurait pu chauffer au delà de la capacité des deux soupapes de dépressurisation, provoquant son explosion. Les explosions de réservoirs de stockage en vrac sont extrêmement rares, mais possibles. Elles produisent des boules de feu de 200m de diamètre et des parties du réservoirs sont projetées dans l'air à des distances de plus de 1km.

Dans les climats chauds, il faut peindre les réservoirs de stockage en vrac et les conduites d'agent propulseur avec de la peinture émail blanche. Ceci permet de les protéger des risques de surchauffe soleil. Au fur et à mesure que la température de l'agent propulseur augmente, la densité du liquide décroît, ce qui nécessite souvent de modifier le réglage volumétrique de l'injecteur de gaz. Parfois, les réservoirs sont protégés des risques de surchauffe par de l'eau pulvérisée ou des auvents. Les réservoirs qui sont relativement petits chauffent plus vite et atteignent des températures plus hautes que ceux qui sont relativement pleins.

L'expansion rapide de GNL liquide avec l'accroissement de la température affecte la conception et les activités de l'usine à plusieurs niveaux. Les réservoirs de stockage en vrac, dans les zones géographiques de chaleur modérée, ne doivent pas être remplis à plus de 85 volumes- % de leur contenance, en fonction de la mesure indiquée par « injection » ou par des sondes numériques sur le réservoir. Dans les zones chaudes, comme par exemple la plupart des déserts, où les températures peuvent atteindre 50 °C, les réservoirs ne doivent pas être remplis à plus de 80 % du volume, à moins que le GNL du camion citerne ne soit aussi relativement chaud.

Lorsque la conduite d'agent propulseur en acier est chauffée au soleil, le métal se dilate. Pour éviter les risques de déformation et de rupture éventuelle, il faut intégrer à leur construction un ou plusieurs courbes en « U » de la taille adéquate. Il ne faut jamais enfermer l'agent propulseur liquide entre deux soupapes d'arrêt. Sinon, lorsque la conduite chauffe, le liquide se dilate, créant une pression suffisante pour rompre une des soupapes. Si une partie de la conduite pleine de liquide est formée par un tuyau, celui-ci peut se rompre au niveau d'un des joints avant que la soupape ne lâche.

Les engins élévateurs, qui fonctionnent en général avec des moteurs à propane, ne sont pas antidéflagrants et doivent être utilisés avec précaution. Il n'y a par exemple aucun avantage à utiliser dans l'aire de production du matériel électrique antidéflagrant si des engins élévateurs mécanisés peuvent entrer dans cette zone.

Il faut par mesure de sécurité minimum que les systèmes électriques antidéflagrants soient utilisés près du matériau de remplissage concentré, des injecteurs de gaz d'intérieur et d'extérieur, des pompes d'alimentation d'agent propulseur et du bain d'eau chaude. L'aire de stockage de l'agent propulseur doit être garantie antidéflagration. Si on construit un dépôt de combustibles en intérieur ou en extérieur, tout le matériel électrique à l'intérieur de la salle d'injection de gaz doit être antidéflagrant. La circulation des véhicules, y compris des camions citerne, doit s'effectuer de telle sorte que les véhicules respectent un périmètre de sécurité de 8m autour des réservoirs de stockage en vrac ou des dépôts de combustibles. Il faut empêcher les camions citerne d'endommager les conduites ou de percuter les réservoirs en installant une traverse en acier ou des barrières de béton armé.

Il faut concevoir des systèmes électriques de sécurité à toute épreuve, en cas de rupture de courant.

Informations relatives à la construction

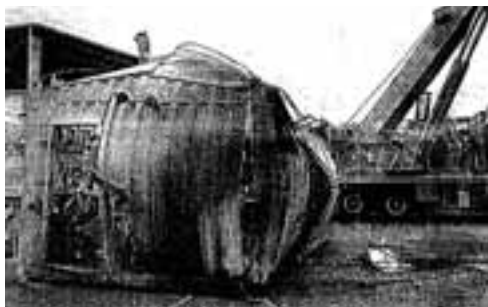
Toutes les salles ou zones d'injection de gaz doivent être construites en matériau inflammable. Les solvants inflammables et l'équipement en bois doivent être conservés à l'extérieur des dépôts de combustibles et suffisamment loin des chaînes de production. Il faut que tous les matériaux combustibles : palettes de bois, solvants, boîtes en carton, etc... soient conservés à l'extérieur des zones de stockage d'hydrocarbure, des stations de pompage et des zones de l'injecteur de gaz. Les pompes, les supports de rangement de bonbonnes, les installations de tamis moléculaire ainsi que tout matériel d'extérieur similaire doivent être équipés de plates-formes en béton.

Une salle d'injection de gaz de grande taille devrait avoir deux portes de sortie, une pour les employés et une autre à double battant à utiliser en cas d'urgence et pour faire passer un injecteur de gaz de grande taille, pour les réparations ou un remplacement. Les salles d'injection de gaz plus petites, surtout utilisées à l'intérieur des usines, n'ont en général qu'une porte. Toutes ces portes sont fabriquées en acier et doivent être fermées lorsque l'injecteur de gaz est en activité. Il faudrait qu'il y ait à l'intérieur des portes une « barre de panique » longue et horizontale située à la moitié de la porte. Elles sont faites en acier et il suffit d'appuyer dessus pour ouvrir la porte.

Elles permettent en cas d'urgence de partir de la salle d'injection de gaz sans délai. Le matériel d'injection de gaz peut être sûr au point qu'il est possible de laisser la salle d'injection de gaz sans surveillance, ce qui est idéal pour des

raisons de sécurité. Ces petites salles d'injection de gaz ne contiennent que l'injecteur de gaz et les convoyeurs qui transportent les boîtiers à l'intérieur et à l'extérieur par des ouvertures dans le mur qui fait face à l'usine. Il existe au moins quatre fournisseurs de matériel aérosol qui fabriquent des injecteurs de gaz et des salles d'injection de gaz ventilées conçus pour être laissés en activité sans surveillance. Il est

La salle d'injection de gaz détruite en forme « d'orange »..



possible d'installer dans des coins une ou deux télécâmes, près du toit de ces enceintes et en direction de l'injecteur de gaz, et de les connecter à deux écrans dans l'usine principale. On peut alors surveiller l'injecteur de gaz pour s'assurer que tout se déroule correctement.

Les salles d'injection de gaz d'extérieur plus importantes peuvent aussi contenir un appareil de pesage et parfois un applicateur de boutons. Il n'est pas conseillé d'avoir un applicateur de boutons poussoirs dans une salle d'injection de gaz, parce qu'il faut régulièrement l'alimenter en diffuseurs. Il ne faut installer aucune autre machine dans ces enceintes, y compris des pompes d'alimentation d'agent propulseur et des pompes à dépression. Un plan de travail de petite dimension et en métal, ainsi qu'un petit nombre d'outils, de joints et autres pièces détachées peuvent se trouver dans la salle d'injection de gaz. Un registre d'installation et d'entretien des machines peut aussi y être conservé pour une recherche rapide. Les solvants inflammables, les poubelles à papier, les boîtes, etc. doivent en être exclus.

Tout employé autorisé à opérer un injecteur de gaz ou à entrer dans une salle d'injection de gaz doit recevoir une formation spéciale. Aucune flamme, étincelle ou surfaces chaudes ne sont autorisées dans ces zones. Ceci comprend les cigarettes, appareil photos, téléphones mobiles, plaques chauffantes pour la cuisine, lampes à souder, postes radio, interrupteurs électriques ouverts, réfrigérateurs portables, etc.... Dans certaines usines, les employés n'auront pas le droit d'avoir sur eux des allumettes ou des briquets, parce qu'ils risquent d'essayer d'allumer une cigarette sans y penser. Il ne faut en fait autoriser aucun briquet ou allumette dans l'usine d'aérosol, comme dans les raffineries de pétrole. Les briquets et les allumettes ne sont autorisés que dans les zones fumeurs.

Les employés qui ont consommé des boissons alcoolisées, ou qui consomment de la drogue, ne sont pas fiables et ne peuvent être autorisés sur le site de l'usine.

Dans le cas de « sertissage atmosphérique », on ne cherche pas à aspirer l'air de la tête du boîtier aérosol au cours de la production. La méthode alternative est celle de « sertissage à vide », où entre 60 et 75 % de l'air de la bombe est purgé avant que le sertissage de la valve. Les avantages du sertissage à vide sont largement surévalués. Cette méthode présente en fait des risques, en cas d'utilisation avec des solvants volatils et inflammables tels que le pentane ou l'hexane. Au moment de l'opération de décompression, ces liquides vont rapidement s'évaporer ou même chauffer jusqu'à ébullition à l'intérieur du boîtier, et les vapeurs vont remplir le réservoir de la pompe à dépression et s'échapper par le conduit d'échappement. Si la pompe à dépression est installée dans une salle close ou avec peu de mouvement d'air, ces vapeurs lourdes vont rapidement tomber au sol et se répandre. Il suffit de 1,0 à 1,3 volume-% dans l'air pour produire un mélange potentiellement inflammable. Pendant les années 1970, une importante usine d'aérosol américaine a entièrement brûlé suite aux émissions d'hydrocarbure de la conduite d'échappement d'une grosse pompe à dépression. En cas d'utilisation d'un système de sertissage à vide, la pompe à dépression doit être installée dans une zone protégée mais ouverte sur l'extérieur.

Les murs de certaines salles d'injection de gaz sont faits de béton armé et leurs toits sont faits de métal solide avec des poutres d'acier. Il est possible d'installer sur ces toits des moteurs de ventilateurs utilisés pour ventiler l'enceinte. La structure de base est conçue pour résister à des vents de 300km/h ou des pressions sur murs de 500kg/m. En cas d'incendie important à l'intérieur de la salle d'injection de gaz, la pression causée principalement par l'effet de la chaleur, risque de dépasser le niveau de résistance à la pression prévu pour ces grandes structures. Il est donc nécessaire d'avoir une « section de mur d'éclatement ». Il s'agit d'une large ouverture, fermée avec des plaques de métal léger. Il faut qu'elle puisse s'ouvrir dans une direction qui ne mette ni les employés ni les autres structures à risque en cas d'éclatement.

Le mur d'éclatement doit être au moins d'un mètre carré pour 30 mètres cube d'espace à l'intérieur de la salle d'injection de gaz. Si, par exemple, les dimensions intérieures de la salle de remplissage sont de 3 x 3 x 3m (27 m³), alors la zone d'éclatement doit être de 0,9 mètre carré, soit 900mm de hauteur sur 1,000mm de largeur. La plaque de

métal léger est fixée avec de petites attaches de métal mou, comme du plomb, qui vont se détacher et permettre au panneau de métal léger ou de plastique de s'ouvrir sous une pression intérieure inférieure ou égale à 100kg/m. Ces panneaux permettent d'éviter à toute personne présente dans la salle les blessures dues à l'effet de la pression ainsi que l'éclatement de la structure.

Toutes les salles d'injection de gaz en métal sont fabriquées par plusieurs fournisseurs de matériel. Elles sont fournies avec les systèmes de ventilation, l'équipement de détection de gaz, les pulvérisateurs d'eau et un injecteur de gaz. En cas d'incendie d'hydrocarbure, ces structures vont être soumises à une déformation forte et des salles risquent de s'en détacher violemment pour compenser la haute pression. Il y a eu, il y a quelques années aux Etats-Unis, un incendie causé par une étincelle dans une salle d'injection de gaz de métal avec des dimensions de 3x3x3m. Le bâtiment était à l'origine en forme de cube et a pris sous l'effet de la pression la forme d'une orange.

Une porte d'acier a éclaté et a atterri à environ 3 m plus loin, heurtant à la poitrine et tuant sur le coup un employé. La chaîne de production a été arrêtée pendant au moins trois mois le temps d'installer une nouvelle salle d'injection de gaz, avec un nouvel injecteur de gaz et un matériel de sécurité proprement testé. La cause exacte de l'explosion n'a jamais été identifiée.

Les salles d'injection de gaz d'extérieur doivent être installées à au moins 2m du bâtiment principal de l'usine, 10m des réservoirs de GNL et 6m des bonbonnes de gaz ou des stations de tamis moléculaire. Il ne faut pas stocker de matériaux inflammables, tels que les palettes de bois ou les boîtiers de bombes aérosol défectueux, près des salles d'injection de gaz. Les voies d'accès conçues pour les camions citerne, les voitures, les engins élévateurs, les deux roues motorisés, etc... doivent être à plus de 10m de la salle d'injection de gaz. Ceci s'applique également aux salles d'injection de gaz d'intérieur.

Autres exemples d'accidents, Section # 1 :

The chances of a catastrophic leak from a bulk tank are extremely remote, but such accidents have happened on at least three occasions. In one case, a tank truck was pumping a relatively high pressure LPG blend when the bulk tank became liquid filled. The two pressure relief valves on top of the bulk tank were not sufficient to relieve the combined pressure of the propellant plus the pumping pressure. The tank wall apparently stretched slightly and then tore apart. About 42,000 liters, (42m³) of hydrocarbon gas and boiling liquid spilled out, as the two parts of the ruined tank flew for long distances before landing in open fields. The gas caught fire from some unknown source, producing a fireball about 150m in diameter. The direct and radiation heat burned down the aerosol plant and three nearby houses. Some people walking about 200m from the huge fireball were knocked down by the shock wave, and they were badly "sun-burned" by the ultra-violet radiation from the fire.

In another case, a 125,000 liter (125m³) very large tank car of propane was struck by a large tank car of chlorine. The propane tank was severely cracked. The entire contents escaped in less than one minute, causing the ruined tank car to overturn. The gas ignited and a huge fireball was created. Many people were killed and almost 100 buildings were burned down. This happened in the town of Salem, Illinois, USA. Events like this show that tank trucks must be prevented from hitting bulk tanks as they move into position for unloading.



Explosion et incendie d'un large wagon-citerne.

Épreuve des bains d'eau chaude

Le bain d'eau chaude consiste en un long réservoir d'eau, chauffée par addition de l'eau chaude produite par un échangeur de vapeur ou de chaleur électrique. De une à quatre files d'aérosols arrivent à une des extrémités, là où la courroie du convoyeur penche vers le bas, afin qu'elles soient totalement immergées. Elles chauffent au fur et à mesure de leur passage dans l'eau. À l'extrémité opposée, un manœuvre qualifié est chargé de détecter l'apparition de bulles de gaz qui indique les boîtiers qui fuient ainsi que tout boîtier qui se déforme ou éventuellement éclate. Les boîtiers sont ensuite sortis de l'eau chaude. Ils sont séchés par courants d'air comprimé. Tout résidu d'eau s'évapore en quelques minutes maximum.

Le bain d'eau chaude a pour but de chauffer les boîtiers jusqu'à ce qu'ils atteignent une pression identique à celle produite par une température de 50°C sur une durée de 30 minutes ou plus. L'eau du bain doit être de 55°C, voire de 58°C. Il ne faut jamais que la température de l'eau dépasse 62°C, car sinon des boîtiers autrement en parfait état risquent de se déformer ou d'éclater.

Les boîtiers d'aérosol ne doivent pas être remplis à plus de 90 % de leur volume net (à 20°C), sinon le liquide risque de se dilater et de remplir entièrement le boîtier dans le bain d'eau chaude. Le liquide déformera le boîtier en cas de surchauffe supplémentaire. Pour décider du niveau maximum de remplissage des boîtiers, les ingénieurs doivent prendre en compte les niveaux de tolérance du remplissage et de l'injection de gaz. Par exemple, un aérosol conçu pour supporter une moyenne de remplissage de 90 % de la contenance nette du boîtier, peut en réalité supporter un volume compris entre 88 et 92 %.

Les boîtiers en fer blanc sont maintenus sur les courroies du convoyeur du bain d'eau chaude par des aimants placés juste en-dessous des courroies. Les boîtiers en aluminium n'ont pas de propriétés magnétiques, ce qui nécessite de fixer la partie inférieure avec un « puck ». Il s'agit d'une petite coupelle en plastique qui est ajustée sur le boîtier. Chaque « puck » possède une rondelle d'acier autour d'un trou d'évacuation d'eau d'environ 10 mm de diamètre. Le « puck » permet de maintenir magnétiquement les boîtiers en aluminium dans le bain d'eau chaude. Si le « puck » n'est pas bien ajusté dans le bain, le boîtier risque de remonter à la surface. Ces boîtiers sont appelés des « flotteurs ». S'ils sont à proximité de l'arrivée d'eau chaude, ils risquent de surchauffer et d'être dangereux. Les manœuvres devraient les retirer de l'eau avec des pinces en métal (tenailles) dès qu'elles remontent à la surface.

On ajoute en général du nitrite de sodium (NaNO_2) aux bains d'eau chaude afin d'éviter la corrosion des bombes en fer-blanc ou des cloches de soupapes en fer-blanc. On peut ajouter dans l'eau 10 litres d'une solution de nitrite de sodium à 40 %. La concentration minimum est de 0,04 % dans le bain. Au cas où on utilise aussi une conduite d'évacuation de niveau d'eau pour supprimer toute impureté à la surface de l'eau, la concentration en nitrite de sodium va décroître très progressivement. Il faut donc en ajouter régulièrement. La concentration peut être vérifiée en utilisant une solution standard de permanganate de potassium (K_2MnO_4) qui va se décoloriser au contact de la solution de nitrite de sodium.

Tout boîtier qui fuit ou qui se déforme est en général reçu dans un baril ouvert de 40 litres, placé l'extrémité du bain d'eau chaude. À moins que le baril ne soit équipé d'une petite canalisation qui est reliée à un système d'évacuation, il faut le vider à l'extérieur du bâtiment à chaque fois que 5 ou 10 boîtiers qui fuient sont



Des écrans en plexiglas protègent les employés en cas d'éclatement d'un boîtier.



La formation doit être faite par petits groupes et répétée régulièrement. Ce manuel est prévu à cette utilisation..

collectés. Les boîtiers qui fuient et les boîtiers déformés doivent être transportés tous les jours à l'extérieur dans une zone sans risque et perforés avec un outil pointu. La perforation des bombes défectueuses est l'une des opérations les plus dangereuses dans une usine de remplissage des aérosols. Il est important d'y apporter une attention maximum. Lorsqu'ils sont vides et purgés, les boîtiers défectueux peuvent être traités comme un rebut normal, mais il faut les stocker dans des barils ou des containers mis à la terre. Dans certains pays, les bombes insecticides ou de peinture qui ont été purgées peuvent toujours être considérées comme du matériel dangereux.

Il arrive qu'un grand nombre de boîtiers fuient suite à un sertissage ou à des opérations d'injection de gaz défectueux. On le remarquera d'abord dans le bain d'eau chaude. Toute fuite importante de gaz PAH est très dangereuse, à moins que l'air qui se trouve au-dessus du réservoir ne soit correctement évacué vers l'extérieur. Les gaz PAH étant jusqu'à deux fois plus dense que l'air, le système d'aspiration de l'air doit être aussi bas que possible au-dessus du réservoir. Par exemple, les prises d'air placées à 1 m au-dessus de l'eau traiteront moins de 1 % des gaz PAH dans l'air. Les meilleurs systèmes d'évacuation consistent en une hotte en aluminium ou en acier inoxydable qui couvre la surface de l'eau. Une conduite d'évacuation centrale renouvelle l'air aux deux extrémités ouvertes de la hotte. La hotte a aussi des parties en Plexiglas™, ou en tout autre plastique solide, pour permettre la visibilité des opérations.

Il est important de vérifier que le bain d'eau chaude ne surchauffe pas à cause d'un problème mécanique quelconque. Les causes de surchauffe sont un thermostat défectueux, une chaîne de convoyeur cassée, une valve de vapeur avec une fuite constante, ou une rupture de courant. Il est arrivé au moins quatre fois que plusieurs centaines de bombes aérosol surchauffent et éclatent, détruisant le bain d'eau chaude et produisant de larges quantités de gaz inflammables. Dans un des cas, cela a entraîné un incendie temporaire. Si un problème arrive au niveau du bain d'eau chaude, le manœuvre doit immédiatement fermer l'arrivée d'eau chaude. Il faut placer au moins deux thermomètres fiables dans le bain d'eau chaude et les vérifier tous les deux pour s'assurer que la température de l'eau est bien comprise dans l'échelle spécifiée.

Autres facteurs de sécurité :

Il faut mettre l'accent sur l'importance de la mise en place et de l'application de Pratiques de Travail Sécuritaires avec des « Autorisations de Travail », qui comprend des « Autorisations de Travail sous Chaleur », pour les différentes étapes de l'installation, la réception, la mise en service et l'entretien. Les opérations de fonte ou de soudure ne sont que trop souvent effectuées à proximité de conduites ou de réservoirs de combustibles.

Il faut insister sur l'utilisation d'outils anti-statiques pendant les différentes phases d'activité, surtout au cours de l'entretien, et notamment avec les employés d'une entreprise externe. Les employés doivent porter des vêtements en coton et des chaussures à semelles de caoutchouc sans clous.

Tous les outils et le matériel électriques et électroniques utilisés à l'intérieur de l'usine doivent être garantis sans risque pour utilisation dans une zone de danger incendie et explosion. Ceci comprend les équipements d'usage personnel tels que les bippers, les téléphones portables, radios, etc... Ceci s'applique aux entrepreneurs extérieurs et aux visiteurs.

Il est essentiel de contrôler les visiteurs afin de s'assurer qu'aucun matériel non autorisé ne pénètre dans l'usine. Le règlement anti-fumeur doit être strictement appliqué au sein de l'usine, en s'assurant que les cigarettes et briquets sont laissés en dépôt à l'entrée de l'usine, et en indiquant très clairement les « zones fumeurs ».

es panneaux à l'intérieur de l'usine, tels que les panneaux de Danger, Avertissement et Conseils sont très importants, afin de s'assurer du bon déroulement des différentes opérations. Comme on l'a déjà fait remarqué, il est nécessaire que la voie d'évacuation soit clairement marquée dans toute l'usine. Il faut interdire toute activité présentant un quelconque risque à proximité du mur arrière de l'usine, ou à tout endroit qui ne dispose pas d'un marquage clair pour une évacuation d'urgence.

FORMATION ET SÉCURITÉ

Formation des employés

Un ou deux ingénieurs devraient prendre connaissance de ce manuel, ainsi que d'autres documents sur la sécurité. Ils peuvent devenir les Responsables Sécurité et être chargés de la formation des autres employés. Le personnel qui travaille directement avec les agents propulseurs à base d'hydrocarbure doivent recevoir une formation spécifique. Le danger des gaz à base d'hydrocarbure doit être constamment porté à l'attention et pris en compte. Personne ne peut se permettre de prendre des risques avec les combustibles inflammables.

Il est important de bien comprendre le « Triangle Incendie », à savoir que le mélange combustible gazeux, air et source d'ignition produit une boule de feu dangereuse et éventuellement une explosion. Il faut que les manières de limiter les risques, telle que réduire la concentration de gaz au dessous du niveau de la Limite Inférieure d'Explosibilité (LIE) par ventilation, soient bien expliquées.

Les conséquences des fuites réduites et continues sont souvent sous-estimées. S'il n'y a pas encore eu d'incendie, cela ne signifie pas qu'il n'y a pas de danger, il y a toujours un risque que cela arrive et que des gens soient gravement brûlés. Une fuite de 10 grammes de butanes, dans une zone non ventilée, peut produire jusqu'à 200 litres de mélange gaz/air potentiellement inflammable. Si quelqu'un y passe et produit une étincelle statique, cela peut produire une flamme de 320 litres de volume pendant un court instant. Il y a danger de mort. En paniquant et en prenant une respiration profonde, cette personne risque d'avoir les poumons brûler, ce qui est une cause de mort certaine.

Autres exemples d'accidents, Section # 2 :

Dans une usine, environ 500 à 1000 ml. de butane a été renversé au sol. Il a chauffé et s'est évaporé en une vapeur lourde, qui s'est répandu au sol de manière invisible, entrant finalement en contact avec un petit interrupteur de relais, à environ 30m. Il a pris feu, causer des brûlures graves sur les jambes de deux personnes et endommageant légèrement une palette de bombes aérosols insecticides. L'explosion des bombes a été évité grâce au système de jet d'eau de l'usine, qui a rapidement trempé les boîtes en carton et éteint le feu.

Pour indiquer le risque d'incendie d'une palette d'aérosols, le 23 juin 2003 à Nagoya, au Japon, un petit camion a heurté un wagon transportant 800 produits aérosols de peinture qui ont pris feu. Un homme a été tué par l'incendie. Les flammes avaient 12 m de hauteur et il a fallu 18 camions de pompiers pour éteindre le feu. Les deux véhicules ont été complètement détruits. Un événement semblable pourrait arriver dans un entrepôt si un engin élévateur heurtait une palette chargée d'aérosols, provoquant l'éclatement de quelques boîtiers et l'émission de vapeurs qui prendraient feu. Dans certains cas, les boîtiers vont être déformés par la chaleur et la pression et pourront être projetés comme des missiles, provoquant des incendies dans d'autres parties de l'entrepôt. Dans certains pays, les entrepôts d'aérosols doivent être équipés d'un matériel de lutte contre les incendies, comme un système de jet d'eau, de haute protection. Des restrictions, telles que des zones spécialement désignées, des hauteurs de rayons maximum, des aérosols en nombre limité, peuvent aussi être imposées. Lorsque le feu a bien pris, les entrepôts d'aérosols brûlent toujours entièrement.

Dans une usine à Mexico, une boule de feu a été produite par l'ignition d'une fuite de GNL, suite apparemment à un court-circuit. Plusieurs employés eurent des brûlures, dont deux graves, et l'explosion qui aurait entraîné la mort de douzaines de personnes a été évitée uniquement par le fait que l'usine disposait d'un large espace ouvert entre la toiture et les portes de l'usine. Les employés ont pu éteindre plusieurs palettes où des boîtes en carton brûlaient avec des extincteurs. Les dégâts ont été minimes.

En 2003, à Mexico, un entrepôt de 1,858.0608m² a entièrement brûlé. L'origine de l'incendie n'a jamais été identifiée. Au début, l'incendie a été contrôlé avec des extincteurs, pendant qu'on sortait des manches d'incendies. Mais la pompe d'eau du système de lutte contre les incendies n'était pas bien connectée, ce qui ne permettait pas d'utiliser l'eau de l'usine. Avant l'arrivée des pompiers, les aérosols avaient déjà commencé à exploser, ce qui nécessitait l'évacuation de toutes les personnes présentes sur le site. L'entrepôt brûla entièrement, ce qui équivalait à un coût d'au moins US\$ 2 000 000. Si l'eau avait pu être acheminée jusqu'aux palettes, l'entrepôt aurait probablement été sauvé.

Une petite usine à Mexico située à un étage a entièrement brûlé, causant la mort d'une personne. L'origine de l'incendie est inconnue, mais il commença apparemment entre ce travailleur et l'escalier, l'empêchant de sortir. L'absence de voies de secours a récemment été un facteur déterminant de la mort de sept personnes dans un incendie d'aérosols en Inde. Le combustible au départ de l'incendie a pu être du GNL, mais il semble plutôt qu'il s'agissait d'un hexane solvant inflammable. L'usine a été détruite.

Une fuite importante d'agent propulseur hydrocarbure risque de :

Causer la mort des employés

- en quelques minutes, s'ils sont brûlés ou inhalent des flammes
- en quelques jours, pour des brûlures sur 70 % de la peau
- jusqu'à trois mois, pour des brûlures sur 55-60 % de la peau
- hospitalisation; douleurs extrêmes; entraînant systématiquement une pneumonie

Causer des brûlures graves

- entraînant la perte définitive des cheveux
- de grandes cicatrices de brûlures, notamment sur les personnes à peau plus brune
- une raideur et des douleurs, surtout pour exercer les parties brûlées
- des problèmes respiratoires – besoin de respirer plus rapidement (question vitale)
- une réduction ou une perte totale de la vue
- maladies variées, suite à une surexploitation du système immunitaire

Destruction par le feu de bâtiments et d'autres propriétés

- destruction dans l'incendie d'une partie ou, en général, de la totalité de l'usine de remplissage d'aérosol.
- explosion de bonbonnes de gaz, ou même de réservoirs de stockage en vrac, à proximité de l'usine
- destruction dans l'incendie des maisons et des arbres voisins
- l'eau des systèmes anti-incendie risque de produire des substances chimiques de pyrolyse dangereuses qui imprègnent le sol
- perte d'emploi à long terme pour tous les employés de la société
- augmentation énorme du coût des assurances, si l'usine est reconstruite

Il ne faut jamais laisser de gaz ou de liquides hydrocarbure se répandre dans les canalisations ou cuvettes au sol. Cela peut produire des mélanges gaz-air qui peuvent se répandre dans les canalisations de vidange sur de longues distances, et qui risquent de prendre feu et de brûler jusqu'à leur point d'origine. Les flammes de PAH parcourent 4m par seconde. Les sites de remplissage ou de stockage d'aérosols ne doivent jamais être sous le niveau du sol, comme en sous-sol.

Exemple d'accidents, Section # 3 :

L'ignition de 60g de gaz butane a entièrement brûlé une remorque de 10 m de long en 7 minutes. Une bombe de laque à cheveux de 500 g a surchauffé et explosé, entraînant la destruction du salon de coiffure et de la maison attenante en moins d'une heure.

Les fuites importantes, même si elles ont très brèves, peuvent avoir des conséquences désastreuses. Il est arrivé que des salles d'injection de gaz explosent parce qu'un tuyau (sans soupape d'arrêt) a éclaté, parce qu'une soupape n'a pas été fermée, parce qu'on a oublié de mettre une rondelle de joint sur la tête de l'injecteur de gaz d'agent propulseur, et parce que cinq grosses bombes de laque ont été perforées par un volant à croisillons à pointes acérées, utilisé pour l'espacement. Dans une usine, deux personnes ont eu à connecter un long tuyau entre un réservoir et un injecteur de gaz. L'une des deux personnes est partie répondre à un appel téléphonique urgent, laissant une extrémité du tuyau ouvert à l'intérieur de l'usine. L'autre personne a cru que le tuyau avait été connecté et a ouvert la soupape au niveau du réservoir. Le butane liquide bouillant et ses vapeurs ont rapidement envahi le sol de l'usine. Les vapeurs sont entrées en contact avec une source d'ignition, à quelques 25m. Cela produisit une énorme boule de feu entraînant l'explosion d'une plus grande partie de l'usine. Il y a eu 5 morts et 17 brûlés graves. Si l'accident avait eu lieu un jour de travail, 200 personnes auraient pu être blessées ou tuées. Les réparations de l'usine se sont élevées à environ US\$ 11,000,000 et le travail n'a repris que huit mois plus tard.

Les petites fuites continues peuvent causer des incendies du même type que ceux des fuites importantes ponctuelles. Les conséquences sont souvent de véritables désastres. Il arrive que des incendies importants se développent dans des entrepôts. Dans un entrepôt qui contenait principalement des bombes aérosols de peinture, un engin élévateur déplaçait une palette chargée de barils en plastique de 15 litres d'un solvant de peinture extrêmement inflammable. Une des caisses des quatre barils se détacha et tomba sur le sol en ciment, brisant au moins un baril. Au lieu d'éteindre le moteur de l'engin, le manœuvre essaya de partir et des étincelles mirent le feu à la grosse flaque de liquide au sol. Le feu se répandit sous des palettes chargées d'aérosols, mettant le feu aux cartons. En une minute, les premiers aérosols ont surchauffé et explosé, produisant des boules de feu de 2,2 m de diamètre. L'entrepôt brûla pendant 8 jours. Les pertes se sont élevées à US\$ 82 000 000, sans prendre en compte l'interruption des ventes, la perte de clientèle, la perte d'emplois, et l'augmentation des frais d'assurance lorsque le bâtiment a été reconstruit.

Un très grand entrepôt de pièces détachées de voiture au sud de l'Allemagne employait des immigrés très pauvres originaires de Grèce. Ils étaient autorisés à cuisiner leur repas et à dormir dans le bâtiment après les heures de travail. Un soir, un réchaud à kérosène fut renversé, laissant s'échapper entre 4 et 5 litres de kérosène qui s'enflammèrent. Des palettes d'aérosols de produits d'entretien automobile prirent feu. Le feu intense qui fit d'abord éclaté les boîtiers aérosols détruisit ensuite entièrement le bâtiment et tout ce qu'il contenait. Il y a eu des morts. Le coût a été estimé à environ US\$ 115 000 000, sans compter la perte d'emplois, les frais de reconstruction, etc....



Un feu de solvant est la cause de ce désastre où plusieurs employés furent tués. Les dégâts principaux ont été causés par l'explosion de bombes aérosols.

Un terrible incendie en Inde a causé la mort de plusieurs personnes. Un petit cigare, appelé un « beetik » en Inde, a été jeté allumé dans une bonbonne d'hexane. Ceci a sans doute déclenché l'incendie, mais la plus grande partie des dégâts a été causée par l'explosion de bombes aérosols.

Les incendies qui se déclenchent à l'air libre peuvent aussi être dangereux. Dans un cas, une conduite d'agent propulseur d'un diamètre de 40mm, qui traversait une voie d'accès d'usine à une hauteur d'environ 4,5m, a été heurtée par un nouveau modèle de camion-citerne avec un tuyau d'échappement particulièrement haut. Un raccord coudé a été cassé, laissant s'échapper du liquide et du gaz PAH. Le camion recula, et parce que toutes les personnes présentes examinaient le tuyau d'échappement tordu, personne n'a remarqué la fuite d'agent propulseur. Soudain une grosse boule de feu s'est produite, probablement causée par des étincelles sur un engin élévateur. Un ingénieur est mort sur le coup et le chauffeur du camion et deux autres personnes dont les vêtements ont pris feu ont été gravement brûlés. Après que la boule de feu s'est consumée, il y a eu une flamme de 10 m de long

au niveau de la fissure du raccord. Elle disparut avec la fermeture d'une valve en amont. On a découvert plus tard que la conduite avait été filetée « à sécurité simple » alors qu'il aurait dû y avoir une soudure de « double sécurité ».

Dans un accident similaire, un assez long tuyau d'agent propulseur avec un petit diamètre avait été placé de manière provisoire en travers d'une aile par ailleurs utilisée par les engins élévateurs. Un engin élévateur qui transportait 600 kg d'aérosols a fini par rouler dessus. Le tuyau éclata près d'un connecteur, laissant s'échapper du butane à l'intérieur de l'usine, ce qui provoqua un incendie. Le conducteur et un employé qui se trouvait à côté furent gravement brûlés. L'incendie fut éteint en fermant une valve et en utilisant deux gros extincteurs. Un pompier affirma ensuite que l'utilisation des deux extincteurs permit d'éviter la destruction complète de l'usine.

Des incendies ou des explosions peuvent être déclenchés lorsque des boîtiers aérosols fuient et que le PAH s'accumule. Dans un cas, plusieurs centaines de bombes avaient été serties avec une pince défectueuse. Le bain d'eau chaude montra des fuites importantes. Deux employés se sont chargés de les sortir et de les placer dans un baril en acier de 125 litres, en oubliant que le gaz remplissait rapidement le baril. Le gaz invisible a rapidement dépassé le haut du baril et s'est répandu au sol. Il prit feu, probablement à cause d'un interrupteur-relais électrique. Une grande flamme se produisit. Trois personnes ont été brûlées. Les panneaux de la toiture furent projetés en l'air et certains détruits par le feu. Le service des pompiers de la ville fit une enquête pendant trois jours avant d'autoriser la reprise de la production.

Dans un autre cas, un technicien qualifié du service clientèle était dans le laboratoire d'une usine de remplissage sous contrat, testant des bombes aérosols qui sortaient de la chaîne de production. Il perfora ensuite, dans une hotte d'évacuation antidéflagrante, 18 boîtiers remplis d'un produit à base d'eau avec 34 g d'isobutane par bombe. Environ une minute plus tard, l'évaporation refroidit l'agent propulseur qui restait, ralentissant la fuite de gaz. Croyant que les boîtiers ne contenaient presque plus d'agent propulseur, il les sortit de la hotte et les jeta dans un container poubelle en plastique. Il ne remarqua pas que le concentré à base d'eau réchauffa alors le PAH liquide dans chaque boîtier. Le gaz remplit presque aussitôt le container poubelle et se répandit jusqu'à la veilleuse d'un réchauffeur d'eau à gaz situé environ 4m plus loin. Une boule de feu se produisit, de la taille d'une grosse voiture, accompagnée d'un son assez fort comme un souffle, il y eut une augmentation immédiate de la pression de l'air dont ont souffert environ 20 personnes dans le laboratoire. Heureusement, le laboratoire était assez grand et une porte était ouverte au fond. Sinon, il y aurait eu une explosion et le bâtiment aurait été endommagé. Les deux jeunes femmes qui travaillaient dans l'aire où le feu s'est déclenché venaient de partir pour aller chercher des produits chimiques. Elles auraient sinon été sans doute tuées.

La formation du personnel de l'usine doit inclure les risques incendie de base. Ils doivent faire faire attention à tous les signes, tels que les fuites, la fumée, l'odeur de brûlé, et alerter immédiatement leur responsable ou le Responsable Sécurité. Ils doivent savoir où les extincteurs sont placés et comment les utiliser. Il faut leur faire comprendre que les agents propulseurs à base d'hydrocarbure sont comme des criminels : s'ils s'échappent de leur lieu de rétention, ils essayeront de brûler ou de tuer des gens. Il ne faut pas que les employés essaient de se comporter héroïquement – comme d'essayer d'arrêter une fuite de gaz- à moins qu'ils n'y soient autorisés et qu'ils n'aient suivi une formation spécifique. Ils doivent presque toujours se diriger rapidement par une voie spécifique à un endroit à l'extérieur (des alertes incendies doivent être régulièrement faites, afin de tester la vitesse d'évacuation de l'usine). Tous les employés doivent travailler dans des zones non encombrées, avec un accès facile à des portes de sortie. Si possible, certaines salles doivent avoir deux portes de sortie pour éviter que des employés ne restent enfermés en cas d'incendie entre eux et une des portes de sortie.

Tous les responsables doivent soutenir les programmes de formation sécurité des employés. Leur soutien est nécessaire à leur mise en place. Ils devraient fournir aux employés un livret de sécurité à étudier. Ils devraient automatiser des alertes incendies régulièrement et mettre en place une petite équipe d'ingénieurs capables de comprendre et de gérer des situations à risque.

Les zones à risque doivent être indiquées avec des panneaux de danger, des signes sur les portes et faire l'objet d'une formation. Elles doivent être utilisées au service qui leur est réservé et elles doivent être protégées contre le vol et le vandalisme. Il y a pour cela plusieurs possibilités. La plupart des usines ont des murs, des barrières, des portes avec des cadenas, des panneaux « DANGER » ou autres, et éventuellement un gardien responsable de la sécurité. Des procédures écrites doivent être respectées, tels que la fermeture de certaines valves et l'évacuation de l'agent propulseur des conduites lorsqu'il n'est pas utilisé. Ceci est particulièrement important pour les conduites et le matériel situés à l'intérieur de l'usine. Le personnel non autorisé ne peut pas pénétrer à l'intérieur des salles d'injection de gaz et des autres zones à risque. Les mineurs ne doivent pas être autorisés à l'intérieur des usines d'aérosols. Cela fait souvent l'objet d'une loi au niveau local ou national. Les employés doivent avoir des voies d'accès différentes de celles des engins élévateurs ou des camions d'usine. Ces véhicules doivent marquer l'arrêt avant de traverser les voies d'accès des employés. Il faut installer des panneaux d'interdiction de fumer, etc....

Sécurité des employés

La direction est responsable de la sécurité des employés. Des informations sur la sécurité doivent être communiquées à tous les employés. Ceci doit décrire les dangers extrêmes des PAH, les risques des solvants inflammables ou des produits chimiques corrosifs et indiquer comment assurer sa propre sécurité, en se comportant de manière réfléchie et en évitant de prendre des risques inconsidérés. Dans le cas d'opérations importantes, l'utilisation de listes d'opérations est essentielle pour assurer la sécurité de l'usine d'aérosols et doit être prescrite par la direction. Ceci inclut les différentes étapes pour décharger un camion-citerne, pour ouvrir une conduite d'alimentation d'agent propulseur qui alimente l'injecteur de gaz, pour l'entretien d'un tamis moléculaire ainsi que d'autres opérations complexes. Un responsable doit être sur place pour vérifier l'utilisation de la liste d'opérations et autoriser l'opération.

La direction doit régulièrement contrôler les installations de mélange, stockage et production, en vérifiant qu'il n'y a pas de problèmes et que les procédures de sécurité sont bien respectées. L'installation d'une pompe d'alimentation d'agent propulseur à l'intérieur d'un bâtiment est toujours problématique, puisque l'agent propulseur fuit toujours un peu. La direction est dans l'obligation de fournir un lieu de travail propre et bien éclairé. Certains employés, comme ceux qui sont chargés de remplir des bouteilles en verre d'aérosols, doivent être équipés de lunettes de protection.

Les nouveaux employés doivent recevoir une formation sécurité sur une courte période (plus longue pour ceux qui manipulent les propulseurs et les injecteurs de gaz) et doivent être en possession d'un livret de sécurité d'un format livre de poche. Il faut leur expliquer quoi faire en cas de déclenchement de l'alarme incendie ou en cas d'incendie dans l'usine. Les employés sous influence de l'alcool ou de drogue doivent recevoir un avertissement et être renvoyés

de l'usine pour la journée. Les employés qui manipulent les propulseurs ou les injecteurs de gaz ne doivent jamais être en état d'ébriété ou sous influence d'une drogue car ils mettent en danger la sécurité de l'usine et de tout le personnel. Dans de nombreuses usines, ces employés sont renvoyés après la première ou la seconde infraction.

Aspects techniques et mise en service d'un système de purification d'hydrocarbure à tamis moléculaire

Introduction

Les butanes et propane, ou les mélanges de ces composés sont en général appelés « Gaz Naturel Liquéfié » (ou « GNL »). La procédure la plus simple pour convertir du GNL en « propulseurs aérosol à base d'hydrocarbure » (ou « PAH ») est d'utiliser la technique d'adsorption avec un tamis moléculaire. Ceci ne fonctionne qu'avec certains types, lorsqu'il y a des hydrocarbures à basse saturation, mais il en résulte toujours une réduction drastique de l'odeur caractéristique de « pétrole ».

La purification avec un Mol-Siv (abrégé pour Tamis Moléculaire) est à la fois simple et économique. Le pétrole qui doit être purifié est pompé à travers une colonne sous forme de liquide, depuis le bas jusqu'au haut. La colonne est remplie de billes ou sphères de 4/8 (environ 3 mm) de matériaux de tamis moléculaire, le silicate d'aluminium de sodium - tamis moléculaire de type 13X $[\text{Na}_{86}[(\text{AlO}_2)_{86}(\text{SiO}_2)_{106}] \cdot X \text{H}_2\text{O}]$ - étant le plus efficace.

Selon la loi des forces de Van der Waals, les matériaux sont adsorbés par les pores du matériau filtrant de manière sélective. L'adsorption de l'eau est la plus forte, comme l'est celle du soufre (mercaptans et autres), les hydrocarbures non saturés moins et les saturés le moins. Les matières les plus adsorbées vont déplacer les autres dans la colonne, c'est à dire que les molécules d'eau vont déplacer les molécules de soufre.

Description des colonnes d'un tamis moléculaire

Le modèle le plus simple de colonnes (ou tours) de tamis moléculaire consiste en : une colonne ronde fermée avec le haut, le bas (en général à ailette) et les parois suffisamment résistantes pour supporter la pression du gaz et la pression de pompage. On doit pouvoir retirer au moins le haut ou le bas de la colonne pour pouvoir changer les billes de tamis moléculaire si nécessaire.

Le niveau réel d'adsorption dépend principalement de la durée de contact. Une tour étroite et haute offre une durée de contact plus grande qu'une tour petite et large. Le rapport correct entre la hauteur et le diamètre est de 15 : 1 pour les colonnes à très petit diamètre jusqu'à 8 : 1 pour les colonnes à large diamètre. Il faut toujours utiliser en haut et en bas des colonnes de tamis moléculaire des écrans de fibre de verre ou d'autre matériau pour empêcher les billes de tomber du bas de la colonne ou de passer avec le flux par la soupape supérieure. Il faut ici ajouter pour le calcul de la hauteur l'espace occupé par les écrans et/ou par la laine de verre.

Chaque colonne doit avoir une soupape de dépression calibrée à 80 % de la capacité calculée de résistance à la pression de la tour. Ceci est d'une importance capitale – ces tours sont conçues pour être opérationnelles à 100 %, et cela ne pose pas de problème lorsque les conduites sont en service, mais si la tour est fermée sans avoir été purgée lorsqu'il fait froid, et qu'elle est ensuite soumise à une augmentation de température, surtout dans les zones à forte variation de température comme au Moyen Orient en été, le gaz va se dilater et faire éclater la tour s'il n'y a pas de

soupape de dépression adéquate.

Les liquides qui se dilatent exercent une pression liquistatique qui s'élève extrêmement vite avec les changements de température. La possibilité que la soupape s'ouvre doit donc être prise compte dans le choix de l'emplacement de la colonne.

Chaque colonne doit avoir des soupapes d'accélération ou d'actionnement rapide – des soupapes à bille, par exemple, en haut et en bas. Chaque tour doit avoir une jauge de pression, la soupape de dépression mentionnée plus haut et une soupape d'évacuation à la sortie supérieure pour permettre le prélèvement d'échantillons du pétrole.

Il faut faire attention lorsque les billes sont introduites. Elles sont extrêmement hygroscopiques (elles absorbent l'eau). Si leur baril ou si la tour elle-même reste ouvert durant quelques heures par temps humide ou pluvieux, les billes filtrantes vont rapidement absorber leur capacité en eau avec l'humidité de l'air. Une fois qu'elles sont saturées en H₂O, les billes sont inutiles. Elles n'absorberont aucune autre matière. Il est conseillé de changer de tamis moléculaire pendant les journées chaudes, sèches et ensoleillées plutôt que par temps nuageux et humide. Il ne faut jamais changer les tamis moléculaires par temps de pluie.

Le flux doit être en phase liquide ou de la partie inférieure jusqu'à la partie supérieure. C'est une des erreurs les plus communes dans les pays en voie de développement. La cause en est une erreur de lecture des notices fournies avec le matériel. La plupart des grandes tours d'adsorption d'abord utilisées servaient au séchage du gaz naturel. Il s'agit d'une « adsorption en phase gazeuse » et doit être effectuée depuis le haut vers le bas. L'expérience et les informations des notices techniques montrent que l'adsorption en phase liquide – ce qui est le cas pour les agents propulseurs d'aérosols - s'effectue toujours depuis le bas vers le haut. Il arrive que, dans les pays en voie de développement, les tamis moléculaires soient installés horizontalement, ce qui est un autre problème grave propre à ces pays. Ceci ne fonctionne pas bien.

Il est possible d'utiliser d'abord un tamis moléculaire 4A, ou bien d'utiliser pour procéder au séchage un gel au silice ou alumina. Ceci rend la procédure plus compliquée et ne permet pas de faire des économies importantes par rapport à une mise en service correcte d'une série de colonnes de tamis moléculaire. Aucune économie ne peut être faite si les tours doivent être régénérées. Il est aussi possible d'utiliser du charbon actif, qui est par ailleurs largement utilisé pour désodoriser d'autres substances. Il n'y a pourtant aucune preuve que les résultats soient meilleurs que lorsqu'on utilise uniquement un matériel à tamis moléculaire de taille 13X.

Dimensions – longueur et diamètre – et remarques sur le débit

L'adsorption réelle dépend principalement de la durée de contact. Il faut aussi qu'il y ait du mouvement – la plupart des pores sont déjà imbibés de molécules de propane ou de butane, qui doivent être déplacées au contact de nouvelles molécules de polluant pour que celles-ci soient adsorbées.

Une tour haute et étroite assure une durée de contact plus longue qu'une tour petite et large. Le rapport correct entre la hauteur et le diamètre est de 15:1 pour les diamètres très petits (c'est à dire qu'une conduite de 102 mm (4») de diamètre peut mesurer 152 cm. (60») de haut); 12:1 pour les diamètres moyens (de 6» à 12» [153 - 306 mm.] de diamètres); et 8:1 pour les gros diamètres (18» [459 mm.] ou plus).

Les entreprises qui purifient le GNL et le commercialisent sous forme de PAH ou « inodore » adoptent presque toujours une méthode de purification par bain. Ils purifient d'un réservoir de GNL à un autre, passant d'un réservoir « pollué » à un réservoir « propre ». Mais la plupart des remplisseurs d'aérosols adoptent une méthode de purification « en chaîne », c'est à dire qu'ils font passer le gaz pollué depuis le baril par la ou les colonnes jusqu'à la chaîne de production où il est injecté dans les boîtiers.

Une méthode sûre de calcul de la durée de contact consiste à prendre en compte la moitié de la contenance de la colonne – l'autre moitié est remplie de billes – et de calculer le poids du GNL contenu. On le divise ensuite par le taux maximum de traitement du GNL pendant 10 minutes – qui est la durée minimum de contact, pour obtenir la hauteur minimum de la colonne. Par exemple, une colonne de 102mm de diamètre et de un mètre de haut a une contenance de 8,171 cm.2(3). En prenant 50 % de ce chiffre et en le multipliant par 0,530 (la densité normale du GNL), on obtient 2,17 kg. de GNL. Si le taux de remplissage le plus rapide est de 10 boîtiers par minute (bpm) de 20 grammes de GNL chacun, l'opération $2,17 / (10 \times 20 \times 10)$ donne 10,8 minutes de durée de contact, ce qui convient à une substance qui contient peu d'éléments contaminants.

Par contre, si le remplissage le plus rapide est de 18bpm de 150 grammes de GNL chacun, l'opération est alors $2,17 / (18 \times 150 \times 18) = 0,8$ minutes - environ 48 secondes – et l'adsorption restera incomplète.

La durée est un autre facteur important. Un tamis moléculaire d'une capacité de 13 boîtiers absorbe théoriquement un peu plus de 30 % de son poids en éléments contaminants. En réalité, le liquide a tendance à favoriser une section dans la colonne, et le gaz pollué commencera à passer dans cette section bien avant que le niveau de 30 % soit atteint. Ceci s'appelle le « point de rupture » de la colonne, lorsque du gaz pollué a commencé à passer dans la colonne. C'est pour cela que les colonnes horizontales ne sont pas efficaces – les billes ont tendance à se déposer et le phénomène de sélection est important au niveau supérieur des colonnes horizontales. Ceci a pour conséquence d'avancer le point de rupture et si les billes sont jetées lorsque du gaz non désodorisé commence à sortir de la colonne, les différentes possibilités de l'adsorption de l'équipement X13 ne seront pas utilisées.

Dans la pratique, même une colonne verticale bien conçue a un point de rupture à 20-24 % des niveaux d'adsorption. Il est possible que le point de rupture arrive à 15 % par poids adsorbé de soufre et d'eau, ou même à 10 %. Ceci peut arriver avec des colonnes horizontales, ou avec une colonne petite et large (lorsque le rapport entre la hauteur et le diamètre est incorrect), ou lorsque le débit est trop fort (le passage est trop rapide et la durée de contact trop courte).

La table suivante examine deux tailles différentes de colonne avec un liquide pris à des niveaux de contamination (H2O et soufre) de 100 ppm et 300 ppm :

#	Description	Column #1 (4» X 60») (10X152 cm.)	Column # 2 (6» X 80») (15X203 cm.)
1	Contenance à 100 % (litres)	11,94	37,03
2	2 Contenance à 100 % (litres) / 2	5,97	18,52
3	Poids de GNL - [2] X 0.530 en kg.	3,16	9,81
4	Poids approx. de billes X13 en kg.	8,36	25,92
5	Durée de contact en minutes à 2 kg/minute Scénario avec un niveau d'éléments contaminants de 100 ppm	1,58	4,90
6	Éléments contaminants adsorbés à 20 % en kg.	1,67	5,18
7	Point de rupture du GNL en kg.	16,716	51,842
8	Période avant le point de rupture/minutes à 2,0 kg/minute	8,358	25,921
9	Période avant le point de rupture/jours à 480 minutes/jour Scénario avec un niveau d'éléments contaminants de 300 ppm	17,41	54,00
10	Éléments contaminants adsorbés à 10 % en kg.	0.84	2.59
11	Point de rupture du GNL en kg.	2,786	8,640
12	Période avant le point de rupture/minutes à 2.0 kg/minute	1,393	4,320
13	Période avant le point de rupture/jours à 480 minutes/jour	2.90	9.00

La taille de la colonne, la quantité de gaz qui passe dans la colonne, et la quantité d'éléments contaminants présents dans le gaz déterminent l'évolution de l'opération, lorsque la production doit être arrêtée et que les billes du tamis moléculaire doivent être remplacées. Ceci devient problématique si les éléments contaminants sont en quantité élevée ou que le diamètre des colonnes est petit (50,8 mm. (2») ou moins). Il est en effet impossible de changer les billes plusieurs fois par jour.



Les petites colonnes du tamis moléculaire à l'arrière à l'extérieur du grillage sont suffisantes pour une petite entreprise seulement. .

Le deuxième scénario indique une utilisation à 10 % de billes de tamis moléculaire, c'est à dire que le point de rupture arrive quand les billes n'ont adsorbé que 10 % par poids de composés de soufre. Ceci ne risque pas d'arriver avec des colonnes bien conçues et une durée de contact adéquate. Ce point de saturation de 10 par poids ne devrait pas arriver, mais est souvent constaté. Les raisons les plus communes d'une mauvaise utilisation sont :

L'humidité : Il ne faut jamais laisser ouverts le baril de stockage et la colonne du tamis moléculaire. Les billes du tamis absorbent rapidement l'humidité de l'air, ce qui réduit la durée de leur utilisation. Lorsque le point de rupture arrive juste après que les billes ont été changées, cela indique presque toujours que les billes ont été exposées à l'humidité atmosphérique.

L'eau : Le GNL peut contenir de l'eau en phase liquide. Il peut s'agir d'un cas de « dilution » après une opération de lavage à l'acide ou amine à la raffinerie, ou il peut s'agir d'un vol, les employés soutirant une quantité de GNL qu'ils remplacent avec de l'eau. Une très petite quantité d'eau peut rendre inutile – saturer- une colonne immédiatement.

La sélection : Forcer des volumes à haut débit par une conduite d'alimentation réduite peut intensifier le phénomène de sélection. Mettre des billes directement sur le haut du conduit d'alimentation peut aussi intensifier le phénomène de sélection. On garde en général 20cm environ de la hauteur de la colonne vide pour permettre au gaz de ralentir et de se répartir régulièrement. Cet espace vide n'est pas inclus dans les calculs précédents. Le phénomène de sélection est intense pour tous les équipements de tamis moléculaires horizontaux, qui ne peuvent garantir que 10 % d'utilisation maximum par poids.



Ces trois colonnes suffisent en taille pour un remplisseur d'aérosol de taille moyenne.

Tests de la colonne

Un test hydrostatique homologué doit être effectué par une personne qualifiée. Il faut utiliser deux fois la pression maximum de service, soit 500 psig. La valve de dépression doit être retirée pour permettre de procéder à ce test, et le trou obturé. Ce test doit être fait tous les cinq ans. Les gaz aérosols ne sont pas très corrosifs et il n'est pas nécessaire de faire ce test plus souvent.

La colonne est ensuite placée sur sa base, raccordée aux tuyaux et toute l'installation est soumise au test de pression au Nitrogène. La colonne est soumise à une pression 1,5 fois supérieure à la plus haute pression normale de pompage et les éventuelles fuites sont détectées avec les bulles d'une eau savonneuse, ou avec un détecteur portable de fuite très sensible. L'installation n'est remise en service que si elle passe les deux tests.

Économies et amélioration du rendement

Dans le cas de remplisseurs d'aérosols qui procèdent à la purification en chaîne, il est difficile d'opérer efficacement des équipements de tamis moléculaire à colonne unique. Le point de rupture arrive toujours avant d'atteindre le niveau maximum de saturation des billes. Avec une seule colonne, il faut jeter les billes immédiatement et utiliser de nouvelles billes.

Une installation à trois colonnes est beaucoup plus efficace. On les utilise en série ainsi ::

Colonne « A » \Rightarrow colonne « B » \Rightarrow colonne « C »

Le responsable qualité ou chef de chaîne vérifie la Colonne « A » toutes les heures, en prélevant un petit échantillon de la valve supérieure d'échantillonnage et examine l'odeur. Lorsque le point de rupture est atteint, l'échantillon dégagera une odeur légère de GNL. Il suffit alors de marquer la Colonne « A » comme « Usagé ». Même si le point de rupture a été atteint, les billes de la colonne « A » ont encore une grande capacité d'adsorption.

L'échantillon est ensuite prélevé toutes les heures sur la colonne « B ». Lorsque le point de rupture est atteint sur la colonne « B », il faut arrêter la production et remplacer les billes de la colonne « A ». Après que la colonne « A » est remplie de nouvelles billes, les colonnes sont à nouveau connectées selon l'ordre suivant :

Colonne «B» \Rightarrow Colonne «C» \Rightarrow Colonne «A»

Après cette première étape, la première colonne est toujours en service au-delà du point de rupture, mais elle demeure connectée pour utiliser ce qui reste de sa capacité d'adsorption des résidus. L'échantillonnage se fait toujours sur la deuxième colonne dans la série. Lorsque la seconde colonne (maintenant la colonne « C ») atteint le point de rupture, la machine est à nouveau arrêtée, la colonne « B » est changée et les colonnes sont reconnectées comme suit :

Colonne «C» \Rightarrow Colonne «A» \Rightarrow Colonne «B»

La séquence suivante serait une répétition de la première [Colonne «A» >>> Colonne «B» >>> Colonne «C»].

Ceci garantit que :

1) Il y a toujours une colonne – la première – qui est en service au-delà du point de rupture. Cette colonne demeure connectée pour utiliser le plus possible de la capacité d'adsorption des billes avant de les jeter.

2) La seconde colonne n'a pas encore atteint le point de rupture, mais cela peut arriver à n'importe quel moment. Lorsque le point de rupture de la deuxième colonne est atteint, les billes de la première colonne sont changées et celle-ci est reconnectée en dernière position. La colonne avec les billes neuves est toujours en dernière position dans la séquence, ce qui constitue un point de sécurité important.

3) La troisième colonne commence donc toujours avec de nouvelles billes et est loin du point de rupture. Aucune quantité de gaz non purifié ne peut atteindre la chaîne de remplissage

Ce type d'utilisation des colonnes de tamis moléculaire permet de réaliser le plus d'économies en service et offre aussi la meilleure garantie à ce qu'aucune quantité de gaz non purifié ne sorte du système. L'investissement en termes de capitaux est plus important, mais cela est rapidement compensé grâce au rendement de la production. On peut ajouter une quatrième ou une cinquième colonne pour utiliser encore davantage les billes, mais cela n'est en général pas rentable financièrement (voir l'exception décrite ci-dessous). Mais il est conseillé d'ajouter des colonnes supplémentaires dans les pays à fortes précipitations, puisqu'il ne sera pas possible de changer les billes par temps de pluie.



Pour référence uniquement, cette société en Argentine est un fournisseur de PAH, elle purifie le GNL et vend le PAH à des remplisseurs d'aérosols. Aucun remplisseur dans le monde ne possède de colonnes de cette taille..

Importance de la charge d'alimentation

Il est important de ne pas oublier que les hydrocarbures («HC») sont des produits naturels et non des produits manufacturés. Les butanes et propane que nous utilisons viennent du sol. Il est possible de connaître leurs propriétés individuelles de manière très précise. Ce sont des composés chimiques. Lorsqu'on les utilise sous la forme de GNL ou PAH, ces substances ne sont pas pures : ce sont des mélanges extraits du sol ou de sources de gaz naturel.

On ne peut pas non plus les stocker tels qu'ils sortent du sol. Ils sont toujours mélangés avec d'autres substances. Cette situation peut être décrite avec trois mélanges communs :

- D'un puits de gaz, mélangé avec du gaz naturel.
- De pétrole brut, dissous dans le pétrole liquide.
- Comme un produit distillé après «craquage» ou «reformage» de HC plus lourds..

La dissociation en substrats simples ou groupes de substrats se fait dans une raffinerie de pétrole. Le processus de fractionnement qui sépare physiquement des composés chimiques par leur point d'ébullition établit les caractéristiques de pression du produit final, ou charge d'alimentation. Puisque cette dissociation est effectuée par distillation

fractionnée, les groupements sont appelés « fractions » ou « coupes ».

En théorie, le nombre de « coupes » ou de fractions qui peuvent être séparées correspond au nombre de combinaisons chimiques simples qui ont des points d'ébullition différents. En réalité, le but de la raffinerie et la quantité d'équipement disponible détermine le nombre et le caractère des différentes sections produites. Si une seule fraction est produite, le remplisseur d'aérosols ne peut rien faire pour affecter les caractéristiques de pression du gaz. Si deux fractions ou plus sont présentes, le remplisseur d'aérosol peut les mélanger pour obtenir différentes pressions intermédiaires. L'utilisation des aérosols dans les pays en voie de développement est presque toujours insuffisante pour obtenir des coupes spécifiques

Avant que la charge d'alimentation n'arrive à l'usine d'aérosols, il faut qu'elle soit transportée à l'intérieur de la raffinerie, qu'elle y soit stockée, puis transférée sur un quai de chargement, puis transportée jusqu'à l'usine de remplissage d'aérosols. Toutes ces étapes sont d'une grande importance pour le remplisseur d'aérosol.

Les entreprises d'aérosols voudraient obtenir les trois combinaisons chimiques – Butane N, Isobutane, et Propane – sous forme de coupes « pures », c'est à dire pures à 94-96 %. Certaines raffineries disposent de colonnes de distillation pour faire ces trois dissociations, mais cela est rarement effectué. Le premier problème est de savoir quelles sont les raffineries en service et de quel type de colonnes elles disposent.

Une bonne charge d'alimentation doit avoir les caractéristiques suivantes :

- Une pression et une composition chimique adéquate.
- Faible contamination en composés de soufre..
- Faible contamination en hydrocarbures non saturés.
- Faible taux d'humidité.

Pression/Composition chimique : Les substrats les plus importants entrant dans la composition chimique de la charge d'alimentation ne peuvent être modifiés après le départ de la raffinerie que par mélange avec une autre substance. Si un pays utilise plus du propane pur comme GNL, cette substance aura une pression trop élevée pour être utilisé comme propulseur (pour la plupart des produits) sans qu'on le mélange avec un composé de butanes de basse pression. Il y a de sérieux problèmes dans certains pays, comme en Indonésie, où le seul GNL disponible a une pression très élevée.

Certains produits (peintures, insecticides à base de solvant, certains produits adhésifs) nécessitent un agent propulseur à haute pression (60-90 psig - 4.1-6.2 bar à 21° C); la plupart des produits aérosols fonctionnent mieux avec un agent propulseur à faible pression (30-45 psig - 2.1-3.1 bar 21° C). Le « mélange universel » n'existe pas, pas plus qu'il n'existe avec les CFC. Il y a heureusement des moyens d'utiliser le propane pur, ce qui justifie que de nombreuses raffineries produisent cette coupe. Dans le cas des aérosols, le problème est en général de trouver une combinaison chimique de faible pression pour la mélanger au propane.

Saturés et Insaturés : La différence de points d'ébullition entre le butane (C₄H₁₀) et le butène (C₄H₈) est faible, et ils sont en général produits dans la même coupe au cours du fractionnement. Les butènes qui ont des liaisons doubles sont beaucoup plus réactifs que les butanes et peuvent participer à la décomposition des parfums. C'est le cas de tous les composés non saturés. Certains ont aussi une odeur spécifique très désagréable, ce qui est préjudiciable pour un produit aérosol. L'odeur doit faire l'objet d'une vérification spécifique au moment de la livraison de PAH destinés à différentes applications, dont les parfums. Ceci permettra de détecter les non saturés qui ont une odeur désagréable.

Les substances à deux ou trois liaisons peuvent réagir rapidement ou de manière ralentie.

En général, la source de la charge d'alimentation déterminera s'il y a des non saturés ou non. Le HC qui provient de puits de gaz naturels est souvent pauvre en non saturés. Une raffinerie équipée de tours de dissociation et située à proximité d'un champ de gaz offre souvent une charge d'alimentation de qualité. Le gaz qui sort de puits de pétrole brut a souvent une teneur élevée en non saturés et risque d'être inutilisable comme charge d'alimentation. Le gaz qui provient d'une « usine de craquage » a toujours une teneur élevée en non saturés.

La purification par tamis moléculaire réduit la teneur en non saturés en quantité minimale. Si le contrôle odeur est strict, il ne faut sélectionner que les charges d'alimentation avec une faible teneur en non saturés. Heureusement les raffineries ont tendance à s'approvisionner en matières premières au même endroit ou par gazoduc. Lorsque les tests ont montré qu'un parfum ou un produit déterminé peut accepter une charge d'alimentation donnée, alors ce problème éventuel est résolu.

Plusieurs produits aérosols – insecticides, peintures et produits à base de solvant – ont un seuil de tolérance élevé des non saturés. Dans certains pays, on ne considère pas que la présence de non saturés soit problématique. Apparemment plus de 80 % des aérosols en Malaisie sont des insecticides ou des peintures, pour lesquels la présence de non saturés ne semble pas poser de problèmes majeurs. Même les parfums remplis avec du gaz local sont stables.

Mais la présence de non saturés peut parfois constituer un problème grave, surtout avec des fractions à faible pression. Il est parfois nécessaire de transporter une charge d'alimentation sur de longues distances alors qu'il y a des sources de GNL à proximité, pour la seule raison que le matériau disponible a une teneur en non saturés trop élevée pour être utilisé.

Faible teneur en soufre, taux faible d'humidité : La méthode la plus commune pour purifier une charge d'alimentation HC pour un usage en aérosol est par adsorption par tamis moléculaire. Les billes utilisées sont sélectives et absorbent certaines compositions chimiques facilement et d'autres non. Le produit qui est adsorbé le plus facilement est l'eau. Il est donc très avantageux de disposer d'une charge sèche, afin de réserver la capacité d'adsorption du matériau à la suppression prévue des composés de soufre, et de ne pas l'utiliser seulement pour le séchage. Les charges d'alimentation trop humides nécessitent un séchage préliminaire. La teneur en eau doit généralement être inférieure à 100 parties par million (ppm). Il est préférable que la teneur en eau soit la plus basse possible.

De même, plus la teneur en composés de soufre est basse, plus il sera aisé de purifier la charge d'alimentation. C'est le soufre (sous forme de H₂S et de mercaptans) qui confère au GNL son odeur caractéristique de combustible. Plus ses composés sont nombreux, plus l'odeur est prononcée. Le personnel expérimenté en GNL peut souvent donner d'après l'odeur du gaz une estimation juste de la quantité de soufre contenue dans le gaz longtemps avant que les résultats du chromatographe ne soient disponibles.

La durée d'utilisation des billes du tamis moléculaire est inversement proportionnelle à la quantité de H₂O et de Soufre présente dans la charge.

Le niveau de saturation en eau dans le propane est de 160 ppm, dans l'isobutane de 84 ppm, et dans le butane N de 72 ppm à 21 degrés C. L'usine d'aérosols va s'approvisionner en charge d'alimentation en fonction de la pression et de la quantité de non saturés que le produit à remplir peut tolérer. Elle sélectionnera ensuite le matériau avec la plus petite quantité d'eau et de soufre. Les analyses chimiques exactes n'étant pas souvent disponibles, seules la pratique et l'expérience permettent de décider.

Odeur du GNL

Jusqu'à présent les composés de soufre issus du sol ont été rendus responsables de la mauvaise odeur du GNL. Certains puits de gaz fournissent pourtant des substances brutes quasi-dépourvues de composés de soufre. La plus grande

partie des substances originaires du Golfe persique a une odeur très faible, certaines peuvent même être considérées « sans odeur » au moment même de son extraction du sol. Ce serait une charge d'alimentation parfaite pour les aérosols !

Presque tous les pays exigent malheureusement que, par mesure de sécurité, une « odeur de combustible » soit immédiatement ajoutée au GNL par addition de mercaptan. La teneur correcte en mercaptans doit être de 10 ppm, ce qui peut être éliminé assez facilement. Mais, par ignorance ou manque d'attention, la quantité ajoutée est souvent bien supérieure.

Certains pays autorisent l'achat de GNL sans odeur ou sans addition de mercaptans auprès d'une raffinerie s'il est attesté par un contrat légal que le matériau acheté ne sera jamais utilisé comme combustible. Il est évidemment préférable d'acheter ce type de gaz si possible.

Le remplisseur d'aérosols ne sait pas et ne soucie pas de savoir si les mercaptans de la charge d'alimentation réceptionnée s'y trouvent naturellement ou s'ils y ont été ajoutés pour conférer une mauvaise odeur à la substance, conformément aux règlements de manutention et de transport. La quantité de composés de soufre présente détermine pourtant la durée d'utilisation des colonnes entre chaque remplacement de billes.

Élimination des billes usagées de tamis moléculaire

Les billes de tamis moléculaire usagées sentent terriblement mauvais ! Les substances qui donnaient une mauvaise odeur au GNL y sont concentrées. Elles sont aussi complètement saturées de GNL et sont donc hautement inflammables. Ce qu'il ne faut pas faire :

- Il ne faut pas jeter de billes de tamis moléculaire dans la benne de l'usine. En plus de l'odeur désagréable, il y a un grand risque d'incendie .
- Il ne faut pas les mettre dans un baril et le fermer. Si la température ambiante augmente, la pression peut s'élever et faire éclater le baril.
- Il ne faut pas verser d'eau dessus. Le processus d'adsorption produit de la chaleur, ce qui risque de provoquer l'ignition du GNL..

Que faut-il faire ? Une entreprise vide les billes directement dans des seaux d'eau de 20 litres, petit à petit, en utilisant plusieurs seaux d'eau, ce qui permet de ne générer qu'une chaleur modérée. Une autre entreprise les étale sur une surface de béton et les humidifie avec un brumisateuse d'eau jusqu'à ce qu'elles soient complètement imbibées d'eau. Dans les deux cas, ceci a lieu en toute sécurité dans le parc de stockage des réservoirs, qui est bien ventilé et dépourvu de toute source d'ignition .

Lorsqu'elles sont complètement mouillées et donc inertes, les billes sont chargées dans un baril de 200 litres avec deux petits trous de dépression et confiées à la société qui évacue et élimine les déchets toxiques dangereux.

Régénération des billes de tamis moléculaire

En principe, toutes les entreprises qui produisent du PAH pour la commercialisation régénèrent leurs billes X13. Puisque leur activité principale est de fournir du PAH, elles ont investi des sommes d'argent importantes pour assurer de bons processus de régénération. Ces usines de purification ont presque toujours de grands espaces vides et ont des employés bien formés qui travaillent continuellement avec de larges volumes de GNL sans odeur. [C'est pourquoi, lorsqu'il y a un fournisseur qualifié de PAH, il est toujours conseillé de se fournir chez lui et d'acheter du PAH déjà purifié plutôt que de se lancer dans des opérations de purification.]

Les notices techniques indiquent que la régénération peut être faite avec une combinaison de chaleur et un gaz support. Ces notices mentionnent aussi parfois le vide. En réalité, aucun remplisseur d'aérosol ne régénère complètement ses billes.

Les substances à deux ou trois liaisons peuvent réagir rapidement ou de manière ralentie.

En général, la source de la charge d'alimentation déterminera s'il y a des non saturés ou non. Le HC qui provient de puits de gaz naturels est souvent pauvre en non saturés. Une raffinerie équipée de tours de dissociation et située à proximité d'un champ de gaz offre souvent une charge d'alimentation de qualité. Le gaz qui sort de puits de pétrole brut a souvent une teneur élevée en non saturés et risque d'être inutilisable comme charge d'alimentation. Le gaz qui provient d'une « usine de craquage » a toujours une teneur élevée en non saturés.

La purification par tamis moléculaire réduit la teneur en non saturés en quantité minimale. Si le contrôle odeur est strict, il ne faut sélectionner que les charges d'alimentation avec une faible teneur en non saturés. Heureusement les raffineries ont tendance à s'approvisionner en matières premières au même endroit ou par gazoduc. Lorsque les tests ont montré qu'un parfum ou un produit déterminé peut accepter une charge d'alimentation donnée, alors ce problème éventuel est résolu.

Plusieurs produits aérosols – insecticides, peintures et produits à base de solvant – ont un seuil de tolérance élevé des non saturés. Dans certains pays, on ne considère pas que la présence de non saturés soit problématique. Apparemment plus de 80 % des aérosols en Malaisie sont des insecticides ou des peintures, pour lesquels la présence de non saturés ne semble pas poser de problèmes majeurs. Même les parfums remplis avec du gaz local sont stables.

Mais la présence de non saturés peut parfois constituer un problème grave, surtout avec des fractions à faible pression. Il est parfois nécessaire de transporter une charge d'alimentation sur de longues distances alors qu'il y a des sources de GNL à proximité, pour la seule raison que le matériau disponible a une teneur en non saturés trop élevée pour être utilisé.

Faible teneur en soufre, taux faible d'humidité : La méthode la plus commune pour purifier une charge d'alimentation HC pour un usage en aérosol est par adsorption par tamis moléculaire. Les billes utilisées sont sélectives et absorbent certaines compositions chimiques facilement et d'autres non. Le produit qui est adsorbé le plus facilement est l'eau. Il est donc très avantageux de disposer d'une charge sèche, afin de réserver la capacité d'adsorption du matériau à la suppression prévue des composés de soufre, et de ne pas l'utiliser seulement pour le séchage. Les charges d'alimentation trop humides nécessitent un séchage préliminaire. La teneur en eau doit généralement être inférieure à 100 parties par million (ppm). Il est préférable que la teneur en eau soit la plus basse possible.

De même, plus la teneur en composés de soufre est basse, plus il sera aisé de purifier la charge d'alimentation. C'est le soufre (sous forme de H₂S et de mercaptans) qui confère au GNL son odeur caractéristique de combustible. Plus ses composés sont nombreux, plus l'odeur est prononcée. Le personnel expérimenté en GNL peut souvent donner d'après l'odeur du gaz une estimation juste de la quantité de soufre contenue dans le gaz longtemps avant que les résultats du chromatographe ne soient disponibles.

La durée d'utilisation des billes du tamis moléculaire est inversement proportionnelle à la quantité de H₂O et de Soufre présente dans la charge.

Le niveau de saturation en eau dans le propane est de 160 ppm, dans l'isobutane de 84 ppm, et dans le butane N de 72 ppm à 21 degrés C. L'usine d'aérosols va s'approvisionner en charge d'alimentation en fonction de la pression et de la quantité de non saturés que le produit à remplir peut tolérer. Elle sélectionnera ensuite le matériau avec la plus petite quantité d'eau et de soufre. Les analyses chimiques exactes n'étant pas souvent disponibles, seules la pratique et l'expérience permettent de décider.

Odeur du GNL

Jusqu'à présent les composés de soufre issus du sol ont été rendus responsables de la mauvaise odeur du GNL. Certains puits de gaz fournissent pourtant des substances brutes quasi-dépourvues de composés de soufre. La plus grande

partie des substances originaires du Golfe persique a une odeur très faible, certaines peuvent même être considérées « sans odeur » au moment même de son extraction du sol. Ce serait une charge d'alimentation parfaite pour les aérosols !

Presque tous les pays exigent malheureusement que, par mesure de sécurité, une « odeur de combustible » soit immédiatement ajoutée au GNL par addition de mercaptan. La teneur correcte en mercaptans doit être de 10 ppm, ce qui peut être éliminé assez facilement. Mais, par ignorance ou manque d'attention, la quantité ajoutée est souvent bien supérieure.

Certains pays autorisent l'achat de GNL sans odeur ou sans addition de mercaptans auprès d'une raffinerie s'il est attesté par un contrat légal que le matériau acheté ne sera jamais utilisé comme combustible. Il est évidemment préférable d'acheter ce type de gaz si possible.

Le remplisseur d'aérosols ne sait pas et ne soucie pas de savoir si les mercaptans de la charge d'alimentation réceptionnée s'y trouvent naturellement ou s'ils y ont été ajoutés pour conférer une mauvaise odeur à la substance, conformément aux règlements de manutention et de transport. La quantité de composés de soufre présente détermine pourtant la durée d'utilisation des colonnes entre chaque remplacement de billes.

Élimination des billes usagées de tamis moléculaire

Les billes de tamis moléculaire usagées sentent terriblement mauvais ! Les substances qui donnaient une mauvaise odeur au GNL y sont concentrées. Elles sont aussi complètement saturées de GNL et sont donc hautement inflammables. Ce qu'il ne faut pas faire :

- Il ne faut pas jeter de billes de tamis moléculaire dans la benne de l'usine. En plus de l'odeur désagréable, il y a un grand risque d'incendie .
- Il ne faut pas les mettre dans un baril et le fermer. Si la température ambiante augmente, la pression peut s'élever et faire éclater le baril.
- Il ne faut pas verser d'eau dessus. Le processus d'adsorption produit de la chaleur, ce qui risque de provoquer l'ignition du GNL..

Que faut-il faire ? Une entreprise vide les billes directement dans des seaux d'eau de 20 litres, petit à petit, en utilisant plusieurs seaux d'eau, ce qui permet de ne générer qu'une chaleur modérée. Une autre entreprise les étale sur une surface de béton et les humidifie avec un brumisateuse d'eau jusqu'à ce qu'elles soient complètement imbibées d'eau. Dans les deux cas, ceci a lieu en toute sécurité dans le parc de stockage des réservoirs, qui est bien ventilé et dépourvu de toute source d'ignition .

Lorsqu'elles sont complètement mouillées et donc inertes, les billes sont chargées dans un baril de 200 litres avec deux petits trous de dépression et confiées à la société qui évacue et élimine les déchets toxiques dangereux.

Régénération des billes de tamis moléculaire

En principe, toutes les entreprises qui produisent du PAH pour la commercialisation régénèrent leurs billes X13. Puisque leur activité principale est de fournir du PAH, elles ont investi des sommes d'argent importantes pour assurer de bons processus de régénération. Ces usines de purification ont presque toujours de grands espaces vides et ont des employés bien formés qui travaillent continuellement avec de larges volumes de GNL sans odeur. [C'est pourquoi, lorsqu'il y a un fournisseur qualifié de PAH, il est toujours conseillé de se fournir chez lui et d'acheter du PAH déjà purifié plutôt que de se lancer dans des opérations de purification.]

Les notices techniques indiquent que la régénération peut être faite avec une combinaison de chaleur et un gaz support. Ces notices mentionnent aussi parfois le vide. En réalité, aucun remplisseur d'aérosol ne régénère complètement ses billes.

Certains les réchauffent et prétendent prolonger leur durée d'utilisation, mais ceci n'a pas été vérifié, et si cela était effectivement le cas, ce serait très dangereux. Le but de cette section est de montrer que le processus de régénération est extrêmement compliqué et de décourager les tentatives individuelles.

Les entreprises qui vendent du PAH aux remplisseurs d'aérosols régénèrent leurs billes à l'intérieur des colonnes de la façon suivante :

- Les colonnes sont isolées pour maintenir la chaleur.
- Les fournisseurs de PAH ont toujours de réservoirs de stockage et procèdent par bains. Le PAH propre est chauffé et passé dans la colonne à contre-courant, c'est à dire depuis le haut vers le bas, en phase vapeur.
- La température initiale du PAH est d'environ 150° C, et elle augmente progressivement sur une période de 2 – 3 heures jusqu'à 325° C. Le débit est constant pendant 12 heures.
- Pour des raisons de sécurité, le PAH est chauffé uniquement de manière indirecte, dans un bain de sel ou par tout autre réchauffeur indirect
- Après son passage dans la colonne, le GNL est très sale et contaminé. Il faut qu'il soit refroidi jusqu'à sa phase liquide (ou comprimé en phase liquide), passé dans un séparateur de liquide, puis stocké ou brûlé à la torche.

Pour des raisons écologiques, brûler à la torche cette substance hautement contaminée est interdite dans de nombreux pays. L'eau éliminée dans le séparateur de liquide est contaminée et doit être traitée comme un déchet liquide toxique et dangereux.

La plupart des pays autorisant une grande variété de mercaptans pour donner une mauvaise odeur au GNL, la meilleure façon de se débarrasser du GNL très sale qui a été utilisé pour la régénération est de le vendre à un fournisseur de GNL qui l'ajoutera, sans excéder la limite autorisée, progressivement et en petites quantités aux citernes de réserves de GNL normal.

Importation

Il est possible d'importer du PAH lorsqu'il n'y en a pas à proximité, mais cela risque d'être compliqué et coûteux. Les PAH ne peuvent être transportés que par appareil sous pression. Quelques tailles standard sont données ci-dessous, dans la limite des règlements de transport locaux qui peuvent varier de pays à pays :

Typical Transport Equipment:	Capacity at 90%		
	(gallons)	(liters)	(kilograms)
Remorque de camion r	10,000	37,850	19,200
Large wagon-citerne	30,000	113,550	57,600
Isotainer sur Océan	6,000	22,710	12,260

(Pour calculer la « capacité de poids », on utilise une densité moyenne de 0,540 kg/litre.)

La nécessité de transporter le PAH dans des réservoirs spéciaux rend la question des appareils de transport de petite taille plus compliquée. Les réservoirs ne peuvent pas être utilisés pour une autre substance et doivent être renvoyés au fournisseur lorsqu'ils sont vides. Ceci accroît notablement le coût de service (le retour de la bouteille ou de l'appareil de transport) et le coût des investissements (en fournissant les barils vides, il faut prendre en compte la durée du transport aller et retour auquel il faut ajouter une durée de sécurité en cas de retard).

L'importation permet d'éviter le coût des filtres moléculaires et de résoudre toute question relative à la charge d'alimentation. Mais de nombreux problèmes concernant les spécifications et la distribution se posent :

- Quel type de gaz faut-il importer ?
- Comment et dans quel baril les PAH vont-ils être livrés ?

- Comment la pression va-t-elle être ajustée et par qui ?

En prenant ces difficultés en compte, on peut affirmer que l'importation est une bonne alternative si :

- le marché est petit ;
- aucune source de charge d'alimentation n'existe à proximité ;
- aucun problème « d'intérêt national » - contrôles des importations ou autorisation- empêche l'importation

Avec d'autres circonstances, il faudrait plutôt encourager les entreprises individuelles à utiliser les méthodes de purification par tamis moléculaire.

Hydrogénation

Il s'agit d'un procédé chimique très sophistiqué qui élimine les non saturés. Il est préférable que cela soit effectué dans une raffinerie. Un petit nombre d'entreprises qui purifient et vendent du PAH utilisent ce procédé. Mais aucun remplisseur d'aérosols ne l'utilise.

Conclusion de la section # 2

La première méthode de conversion des butane, propane, ou mélanges (GNL) en PAH consiste à utiliser l'adsorption par tamis moléculaire. C'est une méthode simple et économique. Cette section donne les paramètres de conception et de service basiques des colonnes de tamis moléculaire et explique leur construction.

Formules d'Aérosols Modernes Modernes

INTRODUCTION

Dans les pays en voie de développement la plupart des aérosols utilisent maintenant des agents propulseurs à base d'hydrocarbure. Certains sont toujours fabriqués avec des CFC et la Chine utilise de l'éther de diméthyl et du dioxyde de carbone. Les hydrocarbures purifiés (PAH) permettent d'économiser des sommes importantes. Ils permettent aussi de produire beaucoup de produits à base aqueuse à la différence d'autres agents propulseurs, excepté le DME qui n'est pas disponible dans de nombreux pays en voie de développement.

La formulation de bons aérosols à base d'hydrocarbure peut s'avérer difficile. Il n'y a presque aucune source d'informations, ni livres ou magazines. La formation par expérience sur le lieu de travail peut parfois prendre des années. Il est possible que certains barils ou certaines substances chimiques ne soient pas disponibles facilement. Le formateur doit prendre en compte différents aspects :

Stability	le produit ne va provoquer la corrosion du boîtier ou de la valve ; Il ne changera pas de couleur, d'odeur ou d'apparence avec le temps ; Il ne sera pas dégradé par des micro-organismes (bactérie, etc....) ;
Cost	Il faut que son coût soit suffisamment bas pour être compétitif ;
Regulatory Compliance	
Production	Il doit, si possible, être conforme au matériel de production existant ;
Safety	Sa production ne doit pas être dangereuse ; Il doit bien fonctionner ;
Utility	Il doit être conforme aux exigences de la marque.

Les formules décrites ci-dessous sont parmi les meilleurs du monde. Elles sont commercialisées, aux Etats-Unis ou en Europe, ou bien sont légèrement ajustées, par souci de confidentialité. Certaines devront être légèrement modifiées pour répondre aux attentes des consommateurs locaux.

PRINCIPES GÉNÉRAUX

Les agents Propulseurs d'Aérosols à base d'Hydrocarbure (PAHs) sont de solvants médiocres pour l'eau, les glycols, les résines et d'autres ingrédients. Pour rendre ces substances chimiques plus solubles, on peut utiliser des co-solvants, comme l'éthanol. Dans certaines formules, le PAH restera insoluble. Dans beaucoup de nettoyants, de désodorisants d'atmosphère et d'insecticides à base aqueuse, il flotte à la surface comme une seconde couche de liquide. Ces produits ne peuvent pas être fabriqués avec des CFC qui sont plus lourds que la couche d'eau.

Les aérosols qui utilisent des PAH sont toujours plus inflammables que ceux qui utilisent d'autres agents propulseurs. Les jets des aérosols PAH anhydres peuvent être allumés avec la flamme d'une allumette. La surface traitée avec l'aérosol peut aussi être allumée, tant que les PAH et les solvants ne se sont pas évaporés. L'étiquette doit avertir les consommateurs qu'il s'agit d'un produit « Inflammable ».

Les formules PAH qui contiennent aussi entre 65 et 95 % d'eau sont essentiellement non inflammables. Lorsque de l'eau est présente, il y a un risque de corrosion et il faut ajouter des inhibiteurs de corrosion. On utilise souvent environ 0,15 % de nitrite de sodium (NaNO₂). L'eau est difficile à briser, ce qui produit un jet assez épais comparé aux

formules anhydre. Des concentrés à base aqueuse peuvent contenir des ingrédients insolubles, comme la silicone ou les huiles parfumées. On peut les disperser en ajoutant des agents surfactants. Il faut contrôler la stabilité de ces émulsions. Si le processus de séparation est lent, la chaîne d'alimentation depuis le réservoir jusqu'au remplisseur doit être systématiquement recyclée jusqu'au réservoir. Le liquide dans le réservoir concentré et le réservoir de remplisseur doit être constamment en mouvement.

L'addition d'eau réduit toujours les coûts de production. Il faudrait que l'eau soit purifiée, au moins par osmose inverse, et de préférence en utilisant une unité de déionisation à lit mélangé. Sinon les variations de la composition de l'eau (comme la présence de chlore) peut nuire à la formule d'aérosols.

En général, la densité des formules PAH est inférieure – un plus petit poids par boîtier – aux formules des CFC. Les densités des hydrocarbures sont en effet de 0,53 grammes par ml à 20°C, ce qui correspond à environ la moitié de la densité de l'eau. Des corrections consistent à utiliser des volumes de remplissage équivalents à environ 88 % de la contenance nette du boîtier, exprimés en millimètre (mL), ou à utiliser un boîtier plus grand. Certaines entreprises ont utilisé le même poids d'ingrédients actifs par boîtier qu'avec les anciennes formules au CFC.

Les aérosols qui contiennent environ plus de 5 % de PAH peuvent porter la mention « Produit Inflammable ». Si la formule a environ 65 % d'eau, mais plus de 30 % de PAH, le boîtier peut porter la mention « PRODUIT INFLAMMABLE ». Cette mention sert à avertir et protéger le consommateur. On utilise aussi parfois le symbole d'une petite flamme. Des informations de mise en garde doit aussi être incluse, avertissant de ne pas approcher le vaporisateur de flammes ou d'étincelles. Il faut garder les aérosols hors de la portée des enfants. Cette mise en garde apparaît en général au dos de l'étiquette du boîtier.

FORMULE ET EMBALLAGE

Les 12 produits aérosols suivants ont été sélectionnés en raison de leur diversité et de leur succès mondial. Ils sont répartis en pesticides, cosmétiques, produits ménagers, et un produit industriel.

Pesticides

Les 12 produits aérosols suivants ont été sélectionnés en raison de leur diversité et de leur succès mondial. Ils sont répartis en pesticides, cosmétiques, produits ménagers, et un produit industriel.

Insecticide anhydre (huileux) pour insectes ailés

Substance	Supplier	% Wt.
Pralléthrine (Base 100 %)	Sumitomo	0,500
Phénothrine-D (Base100 %)	Sumitomo	0,125
Synergiste MGK-264	Sumitomo	1,000
Parfum – Facultatif		0,125
Pétrole lampant désodorisé		58,250
Mélange Propulseur à Hydrocarbure (Pression : 4,8 bars à 21°C.) [Composition possible 38 % de propane et 62 % d'isobutane par poids]..		40,000
TOTAL		100,000

Un boîtier	65 mm de diamètre à intérieur simple est préférable.
Valve	Capuchon simple, avec une gaine en polyéthylène ou un laminé polypropylène. Un orifice de tige de 0,46 mm, un joint de tige en buna, un bouton poussoir de commande mécanique de 0.40 mm, ou un dôme de pulvérisateur pulvérisant vers le haut avec un diamètre plein..
Notes	<ul style="list-style-type: none">• Pulvérisateur plus silencieux que les formules à base d'eau, mais plus coûteux..• Très inflammable• Si une pièce mesurant 4 m x 4 m est traitée pendant 12 secondes, 100 % des insectes ailés et 90 % des insectes rampants seront tués.• Cyphénothrine (Gokilaht de Sumimoto) peut remplacer le Pralléthrin.

Insecticide à base d'eau pour insectes ailés

Substance	Supplier	% Wt.
Alléthrine-D (Néopymamine Forte - Base100 %)	Sumitomo	0,150
Tétraméthrine-D (Néopymamine - Base100 %)	Sumitomo	0,110
Cyphénothrine (Gokilaht - Base100 %)	Sumitomo	0,110
Butoxide de Pipéronyl		0,320
Oléamide DEA (Witcamide 511C)	Witco Chemical	0,180
Monooléate Sorbitan (Arlacel 83, par Uniqema; ou Crill 43)	Croda Inc.	0,005
Pétrole lampant Désodorisé		8,500
Parfum - Facultatif		0,100
Eau déionisée		60,207
Octoxynol-9 (Triton X-100)	Rohm & Haas	0,018
Nitrite de Sodium		0,150
Benzoate de Sodium		0,150
Mélange Propulseur à Hydrocarbure (Pression = 2.8 bars à 21°C.) Peut être 9 % de Propane et 91 % d'isobutane, par poids		30,000
TOTAL		100,000

Boîtier	Boîtier en fer blanc, de 65 mm de diamètre, à revêtement simple et à joint latéral.
Valve	Coupelle de montage en fer blanc, avec un revêtement en polypropylène laminé. Extérieur simple. Utilise un orifice de tige de 0,61 mm, un joint de tige en buna, corps avec diffuseur à vaporisation de 0,41 mm et orifice de queue de versoir large, de préférence pour un tube capillaire plongeur de 1,5 mm. Utilise un bouton poussoir rainuré de 0,51 à 0,58 mm, pour pulvériser vers le haut et raccordé à un dorme de vaporisateur en plastique rainuré de diamètre plein.
Batch Making	Mélanger les premiers 8 ingrédients dans un grand réservoir de mélange. Ceci est la phase huileuse. Combiner les 4 ingrédients suivants dans un deuxième grand réservoir de mélange. Ceci est la phase aqueuse. Avec une agitation suffisante, ajouter la phase huileuse à la phase aqueuse. Maintenir une agitation lente pour le concentré laiteux. Le remplir en utilisant une conduite de recyclage qui retourne au réservoir. Ajuster le pH de 7.6 à 8.0 à 25°C.

L'insecticide contre les insectes rampants est efficace contre les cafards, fourmis, tiques et autres insectes. On l'utilise pour traiter les contours des sols et sous le matériel électro-ménager et placards, où les insectes se cachent. Les formules anhydre sont trop inflammables si elles utilisent un agent propulseur à base d'hydrocarbure. La plupart utilise du dioxyde de carbone. Les formules à base d'eau moins coûteuse qui utilisent seulement 4 % d'agent propulseur à base d'hydrocarbure sont disponibles et ne sont pas dangereuses à utiliser. Ce type est décrit ci-dessous:

Insecticide à base d'eau contre les insectes rampants

Substance	Supplier	% Wt.
Loge de Dursban (Chlorpyrifos)	Shell/Sumitomo	0,500
Loge de Xylène	Shell	0,350
Huile de Castor EG-5 (Surfactol 318)	NL Chemicals	0,850
Oléamide DEA (Witcamide 511C)	Witco Chemical	0,450
Parfum - Facultatif		0,050
Eau déionisée		93,600
Nitrite de Sodium		0,050
Benzoate de Sodium		0,250
Mélange de Propulseur à base d'Hydrocarbure (Pression: 3.5 bars à 21°C.) Peut être 18 % de Propane et 82 % d'Isobutane, par poids.		3,900
TOTAL		100,000

Boîtier	Boîtier en fer blanc de 52 ou 65 mm de diamètre, à revêtement simple et à joint latéral.
Valve	Coupelle de montage en fer blanc simple, avec un revêtement en polypropylène laminé. Orifice de tige de 0.43 mm. Rondelle de joint En buna. Large corps de valve d'orifice liquide – pas de diffuseur à vaporisation. Utilise un bouton poussoir de 0.50 mm de diamètre. Orifice de commande mécanique. Queue de versoir standard, orienté avec la courbure en direction du vaporisateur. Les dômes de vaporisateur sont de plus en plus utilisés.
BATCH MAKING	Mélanger les trois premiers ingrédients, plus le parfum, dans un réservoir de mélange. Mélanger les autres ingrédients dans un autre grand réservoir. En mélangeant bien, ajouter progressivement la phase aqueuse à la phase huileuse. Continuer à agiter doucement tout en remplissant, utiliser une conduite de recyclage pour un meilleur résultat. Ajuster le pH de 6.9 à 7.3 à 25°C.
NOTE	Indiquer « Secouer avant utilisation » sur le boîtier d'aérosol.

Le dernier pesticide est le spray désinfectant-désodorisant. Il est conçu spécialement pour les surfaces dures tels que les plans de travail de cuisine, et élimine 99.9 % des bactéries et autres micro-organismes en quelques minutes. On peut utiliser du dioxyde de carbone ou des hydrocarbures comme agents propulseurs, mais le dioxyde de carbone est souvent corrosif quand il entre en réaction avec l'eau et nécessite l'utilisation de revêtements de boîtiers et combinaisons chimiques d'inhibiteurs d'excellente qualité. La fabrication est aussi plus difficile. Les plupart des producteurs préfèrent utiliser des agents propulseurs à bas d'hydrocarbure.

Spray désinfectant-désodorisant

Substance	Supplier	% Wt.
BTC 2125M (50 % en eau)	Stepan Company	0,300
Atlas G-271 (Éthosulfate de morpholinium Soya)	Uniqema Inc.	0,100
Morpholine – Odeur faible		0,150
Nitrite de Sodium		0,200
Parfum		0,250
Eau déionisée		14,000
Ethanol		63,000
Mélange de Propulseur à base d'Hydrocarbure (Pression : 3.5 bars à 21°C.) Peut être 18 % de Propane et 82 % d'Isobutane, par poids.		22,000
TOTAL		100,000

Boîtier	Boîtier en fer blanc de 65 mm de diamètre, intérieur simple.
Valve	Coupelle de montage en fer blanc, avec un revêtement en polypropylène laminé. Orifice de tige de 046 à 0.50 mm. Rondelle de tige en néoprène. Bouton poussoir de 0,50mm de commande mécanique et cône droit. Le bouton poussoir peut être rainuré et utilisé avec un dorme de vaporisateur de diamètre plein.
Compounding	Dissoudre les 4 premiers ingrédients dans l'eau déionisée. Ajouter l'éthanol, puis le parfum.
Notes	Le BTC 2125 contient: Alkyl-N (60 % C14, 32 % C12, 5 % C16 & 5 % C18) chlorides d'ammonium diméthyl benzyle 0,075 % et Alkyl-N (68 % C12, 32 % C14) chlorides d'ammonium diméthyl éthyl-benzyl 0,075 %. Les deux sels d'ammonium quaternaire sont décrits comme synergistiques. Le BTC 2125 peut aussi être utilisé à 0,40 %, pour une nocivité plus efficace.
Other	Les sels d'ammonium quaternaire sont aussi largement utilisés, comme le alkyl (50 % C14, 40 % C12 & 10 % C16) et le chlorure d'ammonium de diméthyl benzyl à 0,12 %.

Cosmétiques (soin corporel)

Les préférences en terme de laque à cheveux concernent les différentes tailles de particules, la concentration du parfum, la capacité à fixer les cheveux, etc... Aux Etats-Unis, environ 42 % d'eau est requis conformément aux réglementations sur la qualité de l'air. L'utilisation supplémentaire du chlorure de méthylène est interdite dans certains pays. Les laques pour cheveux ont par conséquent de grosses particules, excepté dans certains pays d'Europe où le diméthyléther est utilisé comme agent propulseur. La quantité d'hydrocarbure qui peut être utilisée pour les laques à cheveux est souvent limité à environ 25 à 40 % en fonction du type de résine qui est sélectionnée.

Laques à cheveux

Substance	Supplier	% WT.	
		Regular	Hard to Hold
Amphomer (28-49-10) (97%)	National Starch & Chemical Co.	1,240	1,470
Propanol Aminomethyl-2 (95 % AMP)	Angus Chemical Co.	0,190	0,250
Ethanol 100%		68,470	57,920
Parfum		0,100	0,360
Mélanger (Pression: 3.5 bars à 21°C.) Peut être 18 % Propane et 82 % Isobutane, par poids.		30,000	40,000
TOTAL		100,00	100,000

Boîtier	Intérieur simple en fer blanc ou revêtement aluminium.
Valve	Coupelle de montage en fer blanc, avec un revêtement en polypropylène laminé. Orifices de tige de 2x0.50 mm. Rondelle de tige En buna. Le corps a une large queue de versoir ouverte et un diffuseur à vaporisation de 0.41 à 0.56 mm. Le tube plongeur a de préférence un diamètre intérieur de 1,25 mm de type capillaire. Le bouton poussoir a un orifice (diffuseur standard) de commande mécanique de 0.41 mm. Utiliser de préférence un diffuseur à vaporisation de 0.56 mm pour la formule « Difficile à tenir ».
Notes	Si plus d'agent propulseur à base d'hydrocarbure est nécessaire, pour un vaporisateur « plus sec », utiliser la résine de Versetyl-42 (28-49-42) (National Starch & Chemical Company). Utiliser les mêmes niveaux que les Amphomers. Plusieurs formules contiennent de petites quantités de protéine animale, d'aloë vera et même de vitamine A. Elles offrent des avantages minimes, mais permettent de rendre les étiquettes plus attractives.

La laque brillance cheveux est conçue pour donner aux cheveux un aspect brillant et sain. Il ne s'agit pas d'une laque pour le maintien ou le style. Les laques brillance sont très inflammables, et laisse le cheveux plus inflammable, avant que les ingrédients volatiles ne soient complètement évaporés.

Laque brillance

Substance	Supplier	% Wt.
Myristate d'isopropyl	Croda Inc.	3,000
Cyclomethicone	Dow Corning Corp.	2,500
Keravis (raffermit.conditioner) – Facultatif	Croda Inc.	0,400
Parfum		0,100
Ethanol		54,000
Mélange de Propulseur à base d'Hydrocarbure (Pression: 3.5 bars à 21°C.) Peut être 18 % Propane et 82 % Isobutane, par poids.		40,000
TOTAL		100,000

Boîtier	Boîtier en fer blanc en général de 65 mm de diamètre, intérieur simple.
Valve	Coupelle de montage simple en fer blanc, avec une gaine en polypropylène laminé ou PE. Orifice de tige de 0.51 mm de diamètre. Rondelle de joint En buna. Corps de valve d'orifice liquide large, comme 2.00 mm. No vaportap. Bouton poussoir standard de commande mécanique de 0.41 mm de diamètre. (Alternative: bouton poussoir à diffuseur renversé de 0.41 mm.)
Notes	Keravis nourrit la surface du cheveu et protège le cuticule. Utiliser le cyclométhicone (silicone) avec un anneau à cinq liaisons de silicone.

Le désodorisant personnel ou déodorant aisselle est d'une utilisation très commune. Le déodorant idéal est le Triclosan, qui élimine en toute sécurité plus de 99.9 % des bactéries de la peau qui sont la cause des odeurs des aisselles.

Pour la plupart des gens, une vaporisation une fois par jour suffit pour contrôler l'odeur des aisselles. Vaporiser chaque aisselle avec 200 à 300mm pendant environ 2 secondes. Ces vaporisateurs sont aussi souvent utilisés pour les pieds ou d'autres parties du corps. On peut établir la formule d'un « vaporisateur corps », en utilisant environ la moitié du niveau habituel du déodorant Triclosan. On peut produire une eau de Cologne pour la peau en réduisant encore plus ou en éliminant le Triclosan et en augmentant la concentration en parfum.

Vaporisateur déodorant

Substance	Supplier	% Wt.
Triclosan (Vendu sous forme d'Irgasan DP-3000)	Ciba-Geigy	0.150
Glycole de propylène		0.250
Myristate d'isopropyl		1.600
Parfum		0.300
Ethanol		52.700
Mélange de Propulseur à base d'Hydrocarbure (Pression: 3.5 bars à 21°C.) Peut être 18 % Propane et 82 % Isobutane, par poids.		45.000
TOTAL		100.000

Boîtier	Boîtier de 52 mm de diamètre avec un revêtement simple en fer blanc ou un revêtement en aluminium.
Valve	Coupelle de montage simple en fer blanc, avec une gaine en PE ou un polypropylène laminé à l'intérieur. Orifice de tige de 0.46 mm. Rondelle de joint En buna. Le corps a un orifice de queue de versoir large (par exemple 2.00 mm) et un orifice de diffuseur de vaporisation de 0.40 mm. Le bouton poussoir est du type de commande mécanique (orifice standard), avec un orifice d'extrémité de 0.40 mm.
Notes	Le diffuseur de vaporisation réduit le débit du jet et offre une vaporisation plus chaude. Comme avec tous les bains d'éthanol anhydre, il faut limiter au maximum l'adsorption d'humidité, qui risque de causer de la corrosion. Il faut pour cela utiliser des réservoirs fermés et limiter le temps de stockage.

Les crèmes de rasage sont le type original à mousse, et maintenant le gel ou type post-mousse. En Amérique du Nord, le gel représente 54 % du marché. Ils émettent un gel transparent ou opaque qui devient une mousse épaisse au toucher. Ces produits nécessitent un boîtier aérosol spécifique et sont difficiles à formuler et produire. Nous ne décrivons donc que les crèmes rasage original qui utilisent les agent propulseurs à base d'hydrocarbure depuis 1953.

Crème de rasage

Substance	Supplier	% Wt.
Eau déionisée		74.900
Acide Stéarique – Odeur faible		6.000
Acides Laurique/Myristique – D'huile de noix de coco		1.500
Diéthanolamide de Lauryl/Myristyl (Comme Schercomid SLM-S)		0.500
Triéthanolamine (99 %)	Dow Chemical Company	3.900
Alcool Cétyl		0.500
Glycérine (96 à 99,5 %)		5.800
Huile Minérale		2.400
Paraben de Méthyle (Méthyle 4-Hydroxybenzoate – Conservateur		0.100
Paraben de Propyle-N (Propyle-n 4-Hydroxybenzoate – Conservateur)		0.030
Parfum		0.370
Alcools Lanoline (Facultatif)		0.500
Mélange de Propulseur à base d'Hydrocarbure (Pression = 3.5 bars à 21°C.) Peut être 18 % Propane et 82 % Isobutane, par poids		3.500
TOTAL		100.000

Boîtier	Boîtier de 52 ou 65 mm de diamètre avec un revêtement en fer blanc ou aluminium.
Valve	Coupelle de montage en fer blanc, avec un revêtement en polypropylène laminé, pour un boîtier en fer blanc. (Utiliser des rondelles en buna découpées au tour et des capuchons à revêtement en aluminium pour les boîtiers en aluminium). Orifice de tige: 0.46 mm. Rondelle de tige en buna. Corps de valve avec une queue de versoir typique de 1.5 à 2.0 mm (ouverture large), pas de diffuseur de vaporisation. Tube plongeur standard.
Notes	<ul style="list-style-type: none"> • Si les ingrédients d'Acides Laurique/Myristique sont difficiles à obtenir, on peut les remplacer avec 1.5 % d'Acide Stéarique. Le produit obtenu sera un peu moins doux sur la peau. • Ce produit peut aussi être utilisé pour raser les aisselles, les jambes ou toute autre partie du corps. • La mousse de toutes les crèmes de rasage à mousse devient plus « humide » ou plus dense lorsque les boîtiers sont presque vides.

Produits ménagers

Le produit aérosol ménager le plus utilisé dans le monde est le désodorisant d'atmosphère. La plupart de ces formules sont anhydres, utilisent de l'éthanol, isopropanol, pétrole lampant désodorisé ou même du méthanol comme ingrédient solvant-diluant. Les formules les moins chères utilisent maintenant environ 68 % d'eau déionisée, avec 30 % d'un agent propulseur à base d'hydrocarbure. La vaporisation de l'émulsion eau-dans-huile est plus bruyante que celle des produits anhydres, et la particule moyenne est un peu plus grosse. Presque tous ces désodorisants d'atmosphère à base aqueuse sont conçus pour utiliser des dormes de vaporisateur en plastique à diamètre plein avec une vaporisation vers le haut. Ceci permet de faciliter la désodorisation de tout l'air d'une pièce. Les poids de remplissage sont de 200 à 300 grammes par boîtier.

Désodorisant d'atmosphère à base d'eau

Substance	Supplier	% Wt.
Eau déionisée		68.547
Octoxynol-9 (Comme Triton X-100)	Rohm & Haas Company – USA	0.018
Nitrite de Sodium (Inhibiteur de corrosion)		0.105
Benzoate de Sodium (Inhibiteur de corrosion)		0.105
Glutaraldehyde - 25 % en eau	Union Carbide Corporation, maintenant Dow	0.050
Oléamide DEA (Comme Witcamide 511C)	Witco Chemical Corporation	0.180
Sesquioléate de Sorbitan (Comme Crill 43)	Croda, Inc.	0.005
Parfum		1.000
Mélange de Propulseur à base d'Hydrocarbure (Pression = 3.5 bars à 21°C.) Peut être 18 % Propane et 82 % Isobutane, par poids		29.990
TOTAL		100.000

Boîtier	En général un boîtier de 52 mm de diamètre avec un revêtement en fer blanc. On peut aussi utiliser un boîtier avec un revêtement en aluminium.
Valve	La coupelle de montage est en fer blanc, avec un revêtement en polypropylène laminé, pour les boîtiers en fer blanc. On peut aussi utiliser une coupelle de montage en fer blanc, avec un revêtement en epon-phenolic, et avec une gaine PE, pour les boîtiers en fer blanc. Pour les boîtiers en aluminium, utiliser des coupelle de montages avec un revêtement en aluminium et des rondelles de joints en buna coupées au tour. L'orifice de tige peut être de 0.51 à 0.64 mm. Le corps de valve est conçu pour un tube plongeur capillaire, et a un orifice de diffuseur de vaporisation de 0.38 à 0.41 mm. Le joint de tige peut être soit en buna ou en néoprène. Le tube plongeur capillaire a un diamètre interne de 1.27 mm. On utilise presque toujours des dômes de vaporisateur à diamètre plein. Un bouton poussoir rainuré à vaporisation verticale est attachée à la tige de valve et dans le dôme de vaporisateur. La hauteur de la tige au dessus du bord de la coupelle de montage conique est importante, pour un assemblage correct du dôme de vaporisateur. L'orifice du bouton poussoir est de 0.51 mm.
Compounding	<ul style="list-style-type: none"> • Ajouter l'eau déionisée dans un grand réservoir de mélange. Dissoudre les 4 ingrédients suivants. Ceci produit la phase aqueuse. Combiner les 3 ingrédients suivants dans un réservoir plus petit. Ceci produit la phase huile. En agitant bien, ajouter la phase huile à la phase aqueuse. Ceci produit une émulsion laiteuse eau-dans-huile qui doit pouvoir bien résister à la séparation. Agiter le réservoir pendant le remplissage et utiliser un système de conduite de recyclage, pour éviter la phase de séparation. Si le remplisseur concentré a un « réservoir tampon » au dessus, il faut aussi qu'il soit agitée pendant le remplissage • Une seconde source pour DEA Oléamide est Croda, Inc. — Incromide OPD. • Une seconde source pour Sesquioléate de Sorbitan est Uniqema, Inc. Arlacel 83.. • Une seconde source pour Octoxynol-9 est Henkel (Organic Products Division) — Hynic PE-250. • Le Glutéraldéhyde (Solution aqueuse à 25 %) est un conservateur puissant contre les éventuelles bactéries ou moisissure. La solution est caustique, corrosive et très collante. À présent vendue par Dow Chemical Company — depuis qu'ils ont racheté Union Carbide Corporation en 1999. • Le Formaldéhyde (37 % en eau) peut sans doute être utilisé comme une alternative, à environ 0.10 %. • Les agent propulseurs à base d'hydrocarbure de 100 % isobutane (Pression = 2.1 bars à 21°C) à 20 % propane et 80 % isobutane, par poids (Pression = 3.5 bars à 21°C) ont été utilisés avec cette formule. Puisque l'émulsion se sépare lentement dans le boîtier d'aérosol, les étiquettes doivent indiquer aux consommateurs de « bien agiter avant emploi ». Il est important que l'émulsion eau-dans-huile se forme, afin d'éviter que le vaporisateur ne produise de la mousse. • Les désodorisants d'atmosphère anhydre, qui utilisent typiquement 40 % de mélange de propulseur à base d'hydrocarbures, sont faciles à faire mais plus coûteux et très inflammables.
Notes	Les concentrations en parfum varient de 0.4 à 2.0 %, en fonction de l'intensité et des sondages consommateurs.

Les vaporisateurs lubrifiants sont assez répandus dans le monde. Les produits les mieux vendus promettent aussi des propriétés d'assèchement, pour éviter que les surfaces métalliques ne rouillent ou ne s'oxydent avec les conditions atmosphériques, ce qui inclut l'eau saline. Cette protection peut être efficace pendant des semaines ou même des mois. Ces vaporisateurs peuvent aussi dégripper les écrous rouillés. Ils sont utilisés à la maison, mais aussi pour les voitures et pour des applications industrielles.

Substance	Supplier	% Wt.
Sulfosuccinate de Dioctyl de Sodium (100 %) comme Mackanate DOS-70; voir ci-dessous.		3.000
TLA 620 (Texaco Lubricant Additive)	Texaco Oil Company	2.500
Pétrolatum – Blanc ou jaune	Sonneborn Division of Witco Chemical Co.	1.000
Siponic 260 (PEG 6 Thioether Iso-lauryl)	Alcolac Industrial Chemicals Div.	0.500
Glycole d'Hexylène	Dow Chemical Company	1.500
Ether d'Éthylène de Glycol Monobutyl – Comme Dowanol EB	Dow Chemical Company	1.500
Huile minérale		0.400
Parfum – Facultatif		0.050
Essences Minérales – Odeur faible (Point Éclair 43°C minimum)	Tester de capuchon ouvert	64.550
Mélange de propulseur à base d'hydrocarbure (Pression = 3.5 bars à 21°C.) Peut être 38 % Propane et 62 % Isobutane, par poids.		25.000
TOTAL		100.000

Boîtier	Boîtiers en fer blanc de 52 to 65 mm de diamètre, intérieur simple. (Différentes tailles possibles.)
Valve	La coupelle de montage est simple en fer blanc, avec une gaine PE ou un revêtement en polypropylène laminé. La tige a des orifices de 2 x 0.63 mm. Le joint de tige est en buna. Le bouton poussoir a un orifice standard de 0.51 mm, mais en général conçu pour être ajustable à un tube d'extension de polypropylène inséré et environ 10 mm plus petit que le boîtier, mais qui ne dépasse pas 150 mm. (Ceci permet des applications extrêmement précises). Le tube capillaire d'extension est attaché au boîtier avec un petit élastique. Le tube plongeur de valve est d'un diamètre standard.
Cover	Normalement, on utilise un petit bouchon protecteur en plastique, qui couvre aussi la valve, mais on voit de plus en plus de bouchons en plastique de diamètre plein.

Notes	<p>Le premier ingrédient (utilisé pur l'assèchement) peut être acheté auprès de Mackanate DOS-70™ (70 % matière active), du MacIntire Group, Ltd. USA, comme Triton GR-7M™ (67 % matière active), de Rohm & Haas Co. USA et d'autres fournisseurs importants.</p> <p>Le Glycol d'Hexylène et l'Éther de Glycol Monobutyl Ethylène agissent de manière synergistique pour assurer une pénétration maximum des filets d'écrous rouillés, etc..., mais l'une ou l'autre des deux substances peut être utilisée seule de manière efficace. Les formules d'agent propulseur à bas d'hydrocarbure doivent être utilisés très prudemment, pour les batteries de voiture, les électrodes de chauffage électrique, les terminaux d'ampèremètres, etc..., car un arc électrique risque de trouer le boîtier et d'allumer les contenus qui s'échappent. Certaines entreprises ont changé leur formule pour utiliser le dioxyde de carbone qui est non inflammable comme agent propulseur. Ceci produit un vaporisateur de qualité médiocre et lourd, mais est très utile pour une utilisation avec le tube d'extension. La plupart des utilisations en Amérique du Nord se font de fait avec ce tube d'extension.</p>
-------	--

Les nettoyeurs tout usage représentent un marché très important en Amérique du Nord et en Europe. Ces produits nettoient les surfaces dures mais un grand nombre de nettoyeurs spécifiques, comme les nettoyeurs pour les vitres, le four et les pneus de voiture, ont pris de petites fractions de ce marché. Il existe aussi les nettoyeurs désinfectants, pour les cuisines et surtout les salles de bain où il est important d'éliminer les microbes. Le nettoyeur désinfectant peut être formulé à partir des nettoyeurs pour surfaces dures en ajoutant aux formules de petites quantités de substances chimiques bactéricides. Alors que les nettoyeurs tout usage sont efficaces pour éliminer les taches sur les tissus, de nombreux nettoyeurs sont conçus spécialement à cet effet. Ces nettoyeurs sont vaporisés sur la tache. Puis, après environ dix minutes ou plus, le tissu est lavé, ce qui élimine la tache.

La formule suivante est efficace pour éliminer la saleté de surfaces dures. Elle contient aussi un ingrédient facultatif, l'éthylenediaminetetraacetate tetrasodium (Na₄EDTA), qui peut progressivement éliminer les dépôts décolorants de chaux provenant des gouttes d'eau dans les lavabos et les baignoires. Ce procédé s'appelle chélation.

Vaporisateur nettoyeur de surface dure

Substance	Supplier	% Wt.
Éther de glycol d'alcool propylène linéaire (9 à 12 mols d'oxyde d'éthylène)– Comme Tergitol 15-S-9	Dow Chemical Company	0.500
Versene 100 (38 % Na ₄ EDTA en eau)	Dow Chemical Company	5.000
Triethanolamine – 85 %	Dow Chemical Company	1.000
Propylene Glycol Monobutyl Ether	Dow Chemical Company	4.000
Sodium meta.Silicate 5-Hydrate (Na ₂ SiO ₃ -5H ₂ O)		0.100
Morpholine – Odeur faible		0.200
Ingrédients ajusteurs de pH (50 % NaOH or 50 % Acide citrique en eau ; voir ci-dessous) q.s.		
Parfum		0.100
Eau déionisée		82.100
Mélange de Propulseur à base d'Hydrocarbure (Pression = 3.5 bars à 21°C.) Comme, 100 % Isobutane, peut être 18 % Propane et 82 % Isobutane, par poids.		7.000
TOTAL		100.000

Boîtier	D'habitude un boîtier de 65 mm avec un revêtement en fer blanc. (Les boîtiers en aluminium ne sont pas conseillés.)
Valve	Coupelle de montage simple en fer blanc, avec un polypropylène laminé à l'intérieur. L'orifice de tige est de 0.46 mm. Le joint de tige est en néoprène. Le corps a un orifice liquide large et pas de diffuseur de vaporisation. Le tube plongeur peut être de diamètre standard, mais de préférence très grand. (environ 7 mm de diamètre), pour avoir plusieurs secondes de pulvérisation inversée sans émission de gaz. Le bouton poussoir est à commande mécanique (vaporisateur standard), avec un orifice de 0.41 mm.
Cover	En général, c'est en plastique de diamètre plein.
Notes	Pour créer un nettoyant désinfectant, inclure 0.40 % de BTC 2125M (50 % en eau) dans la formule. Pour des détails chimiques, se référer à la description des vaporisateurs désinfectant-déodorants. Quand le bain est achevé, ajuster le pH de 10.4 à 10.6 (à 25°C) en ajoutant un des ingrédients chimiques ajusteurs de pH dans la formule. Très peu suffit. Dans certains pays, le nettoyant désinfectant est considéré comme un pesticide, et est soumis à l'enregistrement auprès du gouvernement. Le vaporisateur peut produire plus de mousse si on l'agite avant emploi. Pour éliminer les dépôts de chaux, laisser le produit en contact avec la chaux pendant une heure ou plus, et répéter si nécessaire pour les dépôts les plus tenaces.

Le lubrifiant alimentaire utilise un film de dérivé de lécithine pour empêcher les œufs, le fromage, le pain et d'autres aliments d'attacher aux poêles à frire, moules à gâteaux et d'autres surfaces similaires. Ceci permet de ne pas utiliser de grandes quantités de graisse ou de beurre. Le vaporisateur est plus économique, plus efficace et ajoute moins de calories aux aliments cuits. Ce marché compte environ 190 000 000 boîtiers aux Etats-Unis en 2003, et c'est apparemment un secteur en plein développement.

Vaporisateur lubrifiant alimentaire

Substance	Supplier	% Wt.
Centrophase 152 (Un dérivé de lécithine)	Central Soya, Inc. USA	7.000
Huile de maïs ou huile de soya		70.000
Eau déionisée		4.000
Glycérine – 99.9 %		0.650
Aromatisant concentré de beurre – Facultatif)		0.100
FD&C Jaune No.5 (Colorant alimentaire)		0.020
Mélange de propulseur à base d'hydrocarbure (Pression = 3.5 bars à 21°C.) Peut être 18 % Propane et 82 % Isobutane, par poids.		18.230
TOTAL		100.000

Boîtier	Boîtiers en fer blanc à revêtement unique, de 52 à 65 mm de diamètre.
Valve	Coupelle de montage est en fer blanc simple, intérieur en polypropylène laminé, ou gaine PE. Joint en buna. Différentes valves (pas de diffuseur de vaporisation) peuvent être utilisées en fonction du jet de vaporisation désiré. Le bouton poussoir est de 0.40 mm de diamètre, à commande mécanique, souvent très grand. Le tube plongeur doit être aligné sur un repère directionnel sur le bord de la coupelle de montage, puisque le boîtier est souvent placé à l'horizontale pour vaporiser.

Notes

Ce type de formule est breveté aux Etats-Unis. Il ne produit presque aucune mousse lorsqu'il est vaporisé sur du matériel de cuisine froid. En Amérique du Nord et dans certains pays d'Europe, les hydrocarbures sont considérés comme des additifs alimentaires. Mais dans d'autres pays d'Europe, il est interdit d'utiliser les hydrocarbures pour des produits alimentaires. Il faut vérifier les règlements nationaux. Malgré le fait que ces produits soient utilisés à proximité des gazinières, on ne relève pas de problème de flammabilité. Le Centrophase C est une alternative au Centrophase 152. Toute lécithine blanchie et dérivée – de soya- devrait être appropriée.

Produits industriels

Les vaporisateurs anti-moisissures sont parmi les produits aérosols industriels les plus importants. Ils sont basés sur l'utilisation d'un dérivé de lécithine ou d'un fluide silicone comme agent de dégagement. Les utilisations incluent la vaporisation des surfaces moisies dans la fabrication de pneus et autre article en caoutchouc.

Vaporisateur anti-moisissures

Substance	Supplier	% Wt.
Fluide Diméthylsiloxane (500 centiStokes de viscosité)	Dow-Corning Corp.	2.500
Hexanes mélangés	Shell Oil Company	57.500
Mélange de propulseur à base d'hydrocarbure (Pression = 4.8 bars à 21°C.) Peut être 35 % Propane et 65 % Isobutane, par poids.		40.000
TOTAL		100.000

Boîtier	Boîtier en fer blanc de 65 mm de diamètre, intérieur simple.
Valve	Coupelle de montage en fer blanc, avec un revêtement de polypropylène laminé ou une gaine PE. Pour les vaporisateurs de petite taille, utiliser un orifice de tige de 0.20 à 0.25 mm. Pour les applications plus importantes, utiliser un orifice de tige de 0.33 mm. Les joints de tige en néoprène sont conseillés. Le corps a un grand orifice de queue de versoir et pas d'orifice de diffuseur de vaporisation. Tube plongeur standard à immersion. Le bouton poussoir doit être de type de commande mécanique.
Cover	Le bouchon est en général en plastique, ajusté sur la coupelle de montage mais pas sur le haut du boîtier..
Notes	Stocker les barils de 200 litres d'hexanes mélangés à l'abri des rayons du soleil. Les ouvrir dans une aire d'extérieur, puisqu'il y aura une émission de vapeurs extrêmement inflammables de 1 to 2 kg. Remplir le concentré dans un remplisseur antidéflagrant et avec un niveau élevé de ventilation. Marquer les boîtiers comme « Extrêmement inflammables ». Stocker uniquement dans des entrepôts bien ventilés. Si le produit anti-moisissures doit être peint, utiliser à la place du fluide Silicone de diméthyle du fluide 231 , Copolyol 190 ou autres, de préférence conformément aux suggestions du fournisseur de silicone. Les dérivés de lécithine sont aussi utilisés comme anti-moisissures, à raison de 3.5 %. Des vaporisateurs non inflammables peuvent être produits, en utilisant de la silicone, du trans.1,2-dichloroethylene, (point d'ébullition 43.5°C), et environ 55 % de HFC-134a (CH2F-CF3) comme agent propulseur.

Manipulation sécuritaire des PAH en laboratoire

Les bonbonnes ou les réservoirs d'agent propulseur aérosol à base d'hydrocarbures (PAH) doivent être stockés à l'extérieur, sauf en cas de nécessité contraire. Il faut alors les stocker dans la hotte d'évacuation du laboratoire. Ils sont normalement utilisés pour remplir les burettes de verre sous pression ou les grands boîtiers de transfert d'aérosol. Ceux-ci sont ensuite utilisés pour injecter les PAH dans les dispensateurs aérosol échantillons. Le gaz nitrogène peut être utilisé pour créer une pression supplémentaire de burette qui facilitera le débit dans les boîtiers échantillons. Pour les boîtiers de transfert, une légère augmentation de la température (en utilisant de l'eau chaude) produira le débit recherché. Les boîtiers de transfert n'ont pas de tube plongeur, et leur corps de valve est raccordé au corps du boîtier échantillon en utilisant une petite gaine en polyéthylène qu'on peut se procurer auprès des fabricants de valves.

En maintenant le boîtier de transfert au dessus du boîtier échantillon et en le pressant vers el bas, les valves de deux boîtiers sont ouvertes et l'agent propulseur liquide commence à s'écouler. La prise de poids du boîtier échantillon est contrôlée, jusqu'à ce que la quantité recherché d'agent propulseur a été ajoutée.

Tous les laboratoires d'aérosols devraient avoir une hotte d'évacuation, de préférence de 2m de large, et avec un réseau de conduites aboutissant à l'air extérieur. L'injection de gaz et la vaporisation des aérosols doivent être effectuées dans cette hotte. On peut perforer jusqu'à 4 aérosols à la fois au niveau de la coupelle de valve et laisser s'échapper le gaz progressivement par le petit trou. Toute émission de gaz prévue de plus de 10 g de gaz hydrocarbure doit être effectuée dans la hotte. Dans la plupart des laboratoires la hotte est toujours en service pendant les heures de travail. Cela participe de la ventilation générale de l'air dans l'aire du laboratoire.

Les laboratoires de développement de produit ont toujours des centaines (voire des milliers) d'aérosols en stock, procédant à des tests de perte de poids, de risque de corrosion, changements des valves, etc... Certains tests se font à une température de 40 à 50°C, en utilisant des armoires chauffées. Il faut maintenir une bonne ventilation dans ces aires de stockage, afin d'éviter la formation de concentrations inflammables de gaz hydrocarbures, et les raccordements électriques doivent être antidéflagrants, dans la mesure où des boîtiers risquent de tomber et de laisser s'échapper la totalité de leur contenu.

Les laboratoires doivent être construits avec au moins deux portes de sortie. Ceci permettra aux employés de partir en toute sécurité en cas d'incendie grave. Tous les laboratoires doivent avoir deux extincteurs d'incendie. Les employés doivent savoir comment les utiliser et éteindre de petits incendies avant qu'ils ne gagnent en force et soient dangereux pour les biens et le personnel.

ANNEXE # 1

PROPRIÉTÉS DES AGENTS PROPULSEURS À BASE D'HYDROCARBURE

	PROPANE	ISO-BUTANE	n.BUTANE
Formule	C_3H_8	$i.C_4H_{10}$	$n.C_4H_{10}$
Poids moléculaire	44.1	58.1	58.1
Point d'ébullition, °C.	-42.1	-11.7	-0.5
Pression (bars) 21°C.	7.52	2.14	1.17
Pression (bars) 54.4°C.	17.72	6.69	4.62
Densité (g/mL) 21°C.	0.503	0.563	0.583
Limites d'inflammabilité dans l'air (volume- %, 21°C.)	2.2 – 9.5	1.8 – 8.4	1.8 – 8.5
Point Éclair, °C	-104	-83	-74
Solubilité dans l'eau (poids- % à 21°C.)	0.006	0.005	0.005

Bibliographie

Il existe plusieurs sources primaires sur ce sujet :

- "Aerosol Conversion Technology Manual", Geno Nardini; 1994, United Nations Environment Programme, OzonAction Programme, 15 rue de Milan - 75441 Paris, Cedex 09 France
Tel. (33-1) 44 37 14 50, Fax. (33-1) 44 37 14 74, www.uneptie.org/ozonaction, e-mail: ozonaction@unep.fr
- Aerosol Agent propulseurs: Considerations for Effective Handling in the Aerosol Plant and Laboratory, the Laboratory Consumer Specialty Products Association (CSPA), 2002, 900 17th St. NW, #300, Washington, D. C. Tel (1 202) 872 8110), Fax (1 202) 872 8114), www.cspa.org
- Aerosol Safety Technology, Chen Yong Di, Li Hong, Montfort A. Johnsen, and Gunter M. Vogel, 2003, Cosmos Books. Available through Spray Technology & Marketing, (www.spraytechnology.com).
- BAMA Guide to Safety in Aerosol Manufacture, the British Aerosol Manufacturers Association, 1999. (www.bama.co.uk)
- "Basic Aerosol Technology", The Aerosol Promotion Council, India, 2003 (available in English and Hindi).
- "Guía de Seguridad en el llenado de Aerosoles con Propelente Hidrocarburo", (Spanish), Geno Nardini; 2004, Instituto Mexicano del Aerosol, A. C. E-mail: geno@genonardini.com
- "Manual del Gas Licuado de Petroleo", 1998, by Pablo Oeyen, IPSA, (Spanish), E-mail: poeyen@ip-sa.com.ar
- Manual for non-CFC Aerosol Packaging: Conversion from CFC to Hydrocarbon Propellants, 1991, the United States Environmental Protection Agency. (www.epa.gov/).
- Pamphlet #30B, "Code for the Manufacture and Storage of Aerosol Products", 2002, National Fire Protection Association (NFPA). (www.nfpa.org).
- Pamphlets #58, "Liquefied Petroleum Gas Code", 2001, National Fire Protection Association (NFPA). (www.nfpa.org).
- "Safe Sprays, For Ozone Layer Protection", (video), 1998, United Nations Environment Programme, OzonAction Programme, 15 rue de Milan - 75441 Paris, Cedex 09 France
Tel. (33-1) 44 37 14 50, Fax. (33-1) 44 37 14 74) - (available in several languages). www.uneptie.org/ozonaction/, e-mail: ozonaction@unep.fr
- The Aerosol Handbook, 2nd Edition, Dr. Montfort A. Johnsen; 1982, The Wayne Dorland Company (out of print, many aerosol professionals have copies).

Le Programme ActionOzone de la DTIE du PNUE

Dans le cadre du Protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone, des pays du monde entier agissent en mettant en place des projets spécifiques et à terme précis afin de réduire et d'éliminer la production et la consommation de produits chimiques anthropiques qui détruisent la couche d'ozone de la stratosphère, bouclier protecteur de la Terre. Plus de 180 gouvernements ont signé cet accord multilatéral sur l'environnement et agissent pour éliminer les substances appauvrissant la couche d'ozone (SAO), qui inclut les CFC, les halons, le bromure de méthyle, le tétrachlorure de carbone, le méthylchloroforme et les HCFC.

Les Parties de cet accord ont mis en place un Fonds Multilatéral qui apporte aux pays en voie de développement une aide technique et financière nécessaire pour pouvoir respecter le Protocole. Le PNUE, le PNUD, l'ONUDI et la Banque Mondiale sont les Agences chargées de la mise en place des Fonds.

L'objectif du Programme ActionOzone du PNUE est d'aider les pays en développement et les Pays à Économie en Transition à être en conformité avec les mesures de contrôle du Protocole de Montréal. Depuis 1991, le Programme a atteint ce but en renforçant les Centres Nationaux de l'Ozone (CNO) et en facilitant les actions régionales et internationales contre l'appauvrissement de la couche d'ozone en offrant les services suivants en fonction des besoins :

- Des centres d'échange d'informations, qui fournissent des services d'informations adaptés aux besoins qui aident les responsables à prendre des décisions en connaissance de cause sur les directives et technologies à mettre en œuvre pour assurer l'élimination des SAO. Le centre d'échange d'informations a fait circuler plus de 100 publications et autres soutiens à l'information, y compris des guides, des vidéos, des CD-ROMs, des documents de prise de conscience publique, un bulletin d'informations, des publications réservées à certains secteurs et un site internet
- La Formation Nationale et Régionale permet aux responsables, aux douaniers et à l'industrie locale d'exécuter les projets nationaux d'élimination des SAO. Le PNUE invite les experts des secteurs industriels et de l'université à un niveau local à s'impliquer dans des projets de formation et réunit les personnes qui sont partie prenante à un niveau local avec les experts de la communauté mondiale pour la protection de l'ozone. À ce jour, le Programme ActionOzone a mis en place 75 programmes de formation pour les préposés des douanes et 68 pour les techniciens spécialistes de la réfrigération.
- Le Réseau Régional de Responsables SAO organise régulièrement des forums qui permettent à ces responsables d'échanger leurs expériences, d'accroître leurs connaissances et de partager des idées avec leurs collègues des pays développés et des pays en voie de développement. Le réseautage permet de s'assurer que les CNO ont les informations, connaissances et relations nécessaires pour mener avec succès les stratégies nationales d'élimination des SAO. Le PNUE assure en ce moment le fonctionnement de 10 Réseaux régionaux/sous-régionaux qui rassemblent 148 pays en voie de développement et 14 pays développés.
- Des Plans de Gestion des Frigorigènes fournissent aux pays des stratégies intégrées rentables pour l'élimination des SAO dans les secteurs de la réfrigération et de la climatisation. Les PGF aident les pays en voie de développement à surmonter les nombreux obstacles pour réussir l'élimination des SAO dans le secteur important de la réfrigération. Le PNUE offre des expertises spécifiques, des informations et des lignes directrices pour aider le développement des PGF dans 74 pays.
- Les Programmes Nationaux et le Renforcement des Institutions soutient le développement et le renforcement des stratégies nationales d'élimination des SAO, notamment pour les pays consommateurs de SAO en petites quantités. Le Programme a aidé environ 105 pays à développer leurs Programmes Nationaux et 106 pays à mettre en place leurs projets de Renforcement des Institutions.

En 2002, le PNUE a restructuré le Programme ActionOzone afin de mieux répondre aux besoins en évolution des pays en voie de développement pendant la période d'adhésion et de conformisation. Sa vision globale et sa stratégie de travail ont été réorientées dans le cadre du Programme d'Aide à la Conformisation (PAC). Un aspect important de la stratégie du PAC est de se détacher d'une approche disparate de gestion de projet et de passer à une exécution intégrée et directe du programme à l'aide d'une équipe de professionnels qui disposent des connaissances et capacités d'expertise nécessaires. Le PNUE a maintenant régionalisé la mise en place du programme et des services en rendant ses Bureaux Régionaux les premiers responsables de l'aide apportée aux pays de la région.

Principalement financé par le Fonds Multilatéral, le Programme ActionOzone reçoit aussi le soutien du Fonds pour l'Environnement Mondial, le Gouvernement de la Suède, le Gouvernement de Finlande ainsi que d'autres sources bilatérales.

Pour informations, contactez :

Mr. Rajendra Shende, Directeur, Programme ActionOzone
 PNUE Division de Technologie, Industrie et Economies
 15 rue de Milan - 75441 Paris, Cedex 09 France
 Tel: +33 1 44 37 14 50
 Fax: +33 1 44 37 14 74
 Email: ozonation@unep.fr
 www.unep.org/ozonation



A propos de la Division Technologie, Industrie et Economie du PNUE

La Division Technologie, Industrie et Economie du PNUE aide les autorités nationales et locales et les décideurs de l'industrie à élaborer et mettre en œuvre des politiques et des pratiques axées sur le développement durable.

La Division s'attache à promouvoir :

- des modes de consommation et de production durables
- l'utilisation efficace des énergies renouvelables,
- la gestion adéquate des produits chimiques,
- l'intégration des coûts environnementaux dans les politiques de développement.

De Paris, le bureau de direction coordonne les activités menées par :

- Le Centre international d'éco-technologie - IETC (Osaka, Shiga), qui met en œuvre des programmes de gestion intégrés des déchets, de l'eau et des catastrophes, en Asie principalement.
- Le service Production et Consommation (Paris), qui encourage des modes de consommation et de production durables afin de contribuer au développement de la société par le marché.
- Le service Substances chimiques (Genève), qui catalyse les efforts mondiaux destinés à assurer une gestion des produits chimiques respectueuse de l'environnement et à améliorer la sécurité relative à ces produits dans le monde.
- Le service Energie (Paris), qui favorise des politiques de développement durable en matière énergétique et de transport et encourage les investissements dans les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique.
- Le service Action Ozone (Paris), qui, dans le cadre du Protocole de Montréal, soutient les programmes d'élimination progressive des substances appauvrissant la couche d'ozone dans les pays en développement et les pays en transition.
- Le service Economie et Commerce (Genève), qui aide les pays à intégrer les considérations d'ordre environnemental dans les politiques économiques et commerciales et mobilise le secteur financier pour intégrer le développement durable dans ses stratégies.

Les activités de la Division sont axées sur la sensibilisation, les transferts d'information et de connaissances, le renforcement des capacités, l'appui à la coopération technologique, les partenariats et la mise en œuvre des conventions et accords internationaux.

Pour en savoir plus,
consultez le site www.unep.fr

Les PME sont souvent en porte à faux avec les questions de sécurité et ont besoin de bénéficier d'un soutien permanent qui leur facilite la transition au PAH. Ce guide vise à répondre à ces besoins. L'élimination totale dans le secteur des aérosols dépend de la rapidité avec laquelle la question de la sécurité et la question des petits consommateurs sont traitées.

En faisant de la sécurité une priorité, on assure le succès à long terme du processus d'élimination. Au succès de l'élimination des CFC sous le Protocole de Montréal, nous devons ajouter le succès d'introduction des PAH en aidant à la protection des vies, des moyens d'existence et de l'environnement. Ce manuel a été réalisé par le Programme d'ActionOzone DTIE de l'UNEP et fait partie du programme de travail de l'UNEP sous le Fonds Multilatéral pour l'Application du Protocole de Montréal. Il s'agit du premier document publié par le Fonds traitant de questions de sécurité, rédigé par des experts de renommée internationale et destiné à être utilisé par des professionnels concrètement engagés dans une pratique industrielle réelle. La Sécurité est donc à la fois première et prioritaire.

www.unep.org

United Nations Environment Programme
P.O. Box 30552 Nairobi, Kenya
Tel: ++254-(0)20-762 1234
Fax: ++254-(0)20-762 3927
E-mail: unepubb@unep.org



Pour plus d'informations, contacter:
PNUE DTIE

Branche ActionOzone
15 rue de Milan
75441 Paris CEDEX 09
France

Tel: +33 1 4437 1450
Télécopie: +33 1 4437 1474
Courriel: uneptie@unep.fr
www.unep.fr/ozonaction

