

Lignes directrices relatives à la conception et à l'utilisation des Contacteurs à membrane Liqui-Cel^{MC} 3M^{MC}

Concerne les contacteurs à membrane suivants :

Séries EXF-2.5×8, 4×13, 4×28, 6×28, 8×20, 8×40, 8×80, 10×28,
14×28 et 14×40

Séries SP-2.5×8, 4×13 et 4×28

Table des matières

I.	Renseignements sur la sécurité	1
II.	Aperçu de la technologie	2
A.	Description et conception du contacteur à membrane	3
B.	Types et sélection de membranes en fibres creuses	3
III.	Renseignements importants sur la protection de la membrane et des Contacteurs à membrane Liqui-Cel 3M	4
A.	Généralités	4
B.	Oxydation	4
C.	Surfactants, huiles et solvants organiques	5
IV.	Modes de dégazage	5
A.	Mode de dégazage par gaz d'entraînement	6
B.	Mode de dégazage sous vide	7
C.	Mode de dégazage sous vide assisté par gaz d'entraînement (combiné)	9
D.	Mode de dégazage par ventilateur en mode aspiration (ventilateur de tirage induit) pour le dégazage du CO ₂ : configuration et fonctionnement	11
V.	Lignes directrices générales relatives à la conception du système	13
A.	Configurations du schéma du débit	13
B.	Montage vertical ou horizontal	14
C.	Lignes directrices relatives à la température et la pression de service maximales	15
D.	Poids des contacteurs à membrane pour la fabrication du système	15
E.	Exigences en matière de filtration	15
F.	Encrassement et entartrage de la membrane	16
VI.	Procédures relatives au démarrage, à l'arrêt et au temps d'arrêt	16
A.	Directives de démarrage générales pour la phase du liquide	16
B.	Directives de démarrage pour les phases à gaz d'entraînement et sous vide	17
C.	Procédure d'arrêt	17
D.	Démarrage après un arrêt	17
E.	Lignes directrices relatives au temps d'arrêt	18
VII.	Entretien	19
VIII.	Lignes directrices et FAQ relatives à la fréquence de remplacement des Contacteur à membrane Liqui-Cel ^{MC} 3M ^{MC}	19
IX.	Entreposage, manipulation et milieu de fonctionnement du Contacteur à membrane Liqui-Cel 3M	20
X.	Dépannage	21

Tableaux

Tableau 1 :	Contacteurs à membrane Liqui-Cel 3M classés par Série	3
Tableau 2 :	Types de membranes et utilisations	4
Tableau 3 :	Potentiel oxydatif de différentes espèces dans l'eau	4
Tableau 4 :	Débits d'entraînement à l'air typiques recommandés pour l'élimination du CO ₂	6
Tableau 5 :	Débits d'entraînement à l'air typiques recommandés pour le fonctionnement en mode combiné	11
Tableau 6 :	Plage d'entraînement recommandée pour le fonctionnement du ventilateur en mode aspiration	12
Tableau 7 :	Débits d'eau minimum et maximum recommandés dans les contacteurs individuels	13
Tableau 8 :	Lignes directrices relatives à la qualité des gaz d'entraînement et des entrées d'eau	16
Tableau 9 :	Journal d'entretien type	19
Tableau 10 :	Guide de dépannage pour les Contacteurs à membrane Liqui-Cel 3M	21

Figures

Figure 1 :	Vue de coupe de la membrane en fibres creuses microporeuses montrant la trajectoire du liquide et du gaz	3
Figure 2 :	Contacteur à membrane Liqui-Cel 3M avec conception à déflecteur central	3
Figure 3 :	Image d'une fibre creuse vue à travers un microscope électronique à balayage (MEB)	3
Figure 4 :	Emplacement type du Contacteur à membrane Liqui-Cel ^{MC} 3M ^{MC} dans un cycle de circulation d'eau ultrapure avec élimination de carbone organique total	5
Figure 5 :	Schéma de tuyauteries et instrumentations de procédés générique pour le fonctionnement par gaz d'entraînement avec deux contacteurs à membrane en série : montage vertical	7
Figure 6 :	Schéma de tuyauteries et instrumentations de procédés générique pour le fonctionnement par gaz d'entraînement avec deux contacteurs à membrane en série : montage horizontal	7
Figure 7 :	Schéma de tuyauteries et instrumentations de procédés générique pour le fonctionnement en mode de dégazage sous vide avec deux contacteurs à membrane en série : montage vertical	8
Figure 8 :	Schéma de tuyauteries et instrumentations de procédés générique pour le fonctionnement en mode de dégazage sous vide avec deux contacteurs à membrane en série : montage horizontal	9
Figure 9 :	Schéma de tuyauteries et instrumentations de procédés générique pour le fonctionnement en mode de dégazage sous vide assisté par gaz d'entraînement (combiné) avec deux contacteurs à membrane en série : montage vertical	10
Figure 10 :	Schéma de tuyauteries et instrumentations de procédés générique pour le fonctionnement en mode de dégazage sous vide assisté par gaz d'entraînement (combiné) avec deux contacteurs à membrane en série : montage horizontal	11
Figure 11 :	Schéma de tuyauteries et instrumentations de procédés générique pour l'utilisation du ventilateur pour l'aspiration d'air atmosphérique avec deux contacteurs à membrane en série : montage vertical	12
Figure 12 :	Schéma de tuyauteries et instrumentations de procédés générique pour l'utilisation du ventilateur pour l'aspiration d'air atmosphérique avec deux contacteurs à membrane parallèles : montage vertical	13
Figure 13 :	Montage vertical pour mode de dégazage sous vide	14
Figure 14 :	Montage vertical pour mode de dégazage combiné	14
Figure 15 :	Supports pour contacteurs à membrane 14x28 et 14x40 lorsqu'ils sont montés verticalement	15
Figure 16 :	Montage horizontal pour mode de dégazage sous vide	15
Figure 17 :	Montage horizontal pour mode de dégazage combiné	15

I. RENSEIGNEMENTS SUR LA SÉCURITÉ

Lire et suivre tous les renseignements sur la sécurité, les mises en garde et les directives de ce manuel. Le non-respect de toutes les mises en garde et les directives relatives au produit peut causer de graves blessures et des dommages matériels. Conserver ces directives aux fins de consultation ultérieure.

Utilisation prévue et sélection de produit :

Les Contacteurs à membrane Liqui-Cel^{MC} 3M^{MC} sont destinés à éliminer les gaz dissous et les bulles des liquides compatibles ou à ajouter des gaz à des courants de liquides. Les produits Liqui-Cel sont conçus uniquement pour une utilisation dans des opérations de séparation des liquides industriels, conformément aux directives et aux spécifications du produit applicable. Certains produits Liqui-Cel limités sont également destinés pour une utilisation dans des opérations particulières relatives aux aliments et aux boissons lorsqu'ils sont utilisés conformément aux exigences et aux directives d'utilisation du produit. Consulter la fiche technique spécifique du produit Liqui-Cel concerné pour déterminer s'il comporte une désignation « aliments et boissons » et s'il peut être utilisé pour de telles applications.

Les Contacteurs à membrane Liqui-Cel^{MC} 3M^{MC} pourraient être utilisés davantage dans la production d'eau destinée à divers produits pharmaceutiques en amont de l'étape finale de stérilisation d'eau.

Étant donné que de nombreux facteurs peuvent influencer sur l'utilisation d'un produit, il incombe au client et à l'utilisateur de déterminer si le produit 3M convient à l'utilisation spécifique à laquelle il est destiné, notamment en effectuant une évaluation des risques appropriée du produit 3M dans le cadre de ladite utilisation.

Restrictions d'utilisation :

3M déconseille d'utiliser ces produits 3M pour d'autres utilisations que celles pour lesquelles ils sont conçus, puisque les autres utilisations n'ont pas été évaluées par 3M et les résultats peuvent entraîner des conditions dangereuses ou involontaires. Ne pas utiliser de manière à ce que le produit 3M, ou toute substance extractible ou lixiviable provenant du produit 3M, puisse faire partie ou rester dans un dispositif médical, un médicament, un complément cosmétique, une préparation pour nourrissons, ou dans des utilisations impliquant des utilisations médicales de maintien de la vie ou un contact prolongé avec des liquides biologiques ou des tissus internes.

Explication des conséquences associées aux termes signalétiques	
 MISE EN GARDE	Indique une situation dangereuse qui, si elle n'est pas évitée, peut causer des blessures graves ou la mort.
 AVERTISSEMENT	Indique une situation dangereuse qui, si elle n'est pas évitée, peut causer des blessures mineures ou modérées.
AVIS	Indique une situation qui, si elle n'est pas évitée, peut causer des dommages au produit ou au système.

Lire le manuel du produit dans son intégralité. Le non-respect des directives et des mises en garde relatives au produit peut causer des blessures et/ou des dommages matériels.

MISE EN GARDE

- **Pour réduire les risques liés au jaillissement d'un liquide ou à l'explosion d'un gaz et/ou à l'exposition à des produits chimiques et à l'endommagement du contacteur à membrane :**
 - ne pas introduire de gaz seul dans le contacteur à membrane sans qu'il y ait de liquide dans le côté coquille, sauf en suivant les directives d'entreposage de 3M;
 - ne pas dépasser les limites maximales de pression ou de température de fonctionnement;
 - mettre en œuvre des mesures de maîtrise des risques relatives à la sécurité en milieu de travail qui répondent aux lois et aux réglementations locales applicables;
 - toujours utiliser un équipement de protection individuelle (EPI) pendant l'installation, l'entretien, le fonctionnement, le nettoyage ou la mise au rebut du contacteur à membrane;
 - toute plomberie devrait être effectué conformément à la réglementation locale;
 - pour éviter l'accumulation de pression dans le contacteur à membrane, ne pas bloquer ni fermer les orifices de gaz/sous vide pendant le fonctionnement ou le temps d'arrêt;
 - veiller à ce que des matériaux de construction chimiquement compatibles soient utilisés dans le système;
 - toujours vérifier la connexion adéquate des raccords dans le système de contacteurs à membrane;
 - ne jamais modifier le contacteur à membrane. Seule 3M ou les parties expressément autorisées par 3M peuvent réparer cet équipement;
 - inspecter le contacteur à membrane avant son nettoyage ou son installation. N'utiliser que les pièces de rechange fournies par 3M pour ce produit;
 - inspecter le contacteur à membrane pour détecter toute fuite, fissure ou autre signe de dommage sur le contacteur à membrane, les joints et les tubes ou la tuyauterie.
- **Pour réduire les risques d'asphyxie (ou tout autre risque pour la santé), d'explosion de gaz ou de contamination environnementale accidentels :**
 - veiller à la ventilation adéquate du système et à l'évacuation de tout gaz utilisé ou généré pendant le fonctionnement, le nettoyage et le séchage du contacteur à membrane (y compris provenant du gaz d'entraînement, de la pompe à vide ou du ventilateur), conformément à toutes les normes et règlements de construction applicables.
- **Pour réduire les risques liés aux incendies et aux explosions :**
 - ne pas introduire de liquides ou de gaz explosifs, inflammables, toxiques ou oxydants à des concentrations dangereuses dans le contacteur à membrane ou dans le système;
 - éviter la surpression des liquides et des gaz en installant des soupapes de décharge et des systèmes de sécurité adéquats.
- **Pour réduire les risques associés au choc, au levage ou au déplacement :**
 - ne pas tenter de déplacer le système lorsqu'il contient du liquide;
 - ne pas tenter de déplacer le système lorsqu'il est en marche;
 - utiliser le matériel de levage approprié pour le levage ou le déplacement. Consulter la fiche technique du produit ou le guide d'utilisation pour tout renseignement sur les poids;
 - toujours vérifier que le système est stable, nivelé et fixé adéquatement. Veiller à ce que le système ne puisse basculer, rouler, tomber, glisser ni effectuer un quelconque mouvement susceptible de provoquer des blessures, d'endommager l'unité ou d'endommager d'autres composants du système;
 - si nécessaire, utiliser des cales pour niveler le système.

AVERTISSEMENT

- **Pour réduire les risques liés aux surfaces chaudes et aux gaz d'échappement chauds :**
 - ne pas toucher le contacteur à membrane ou les conduites de liquide pendant le fonctionnement, le nettoyage ou le séchage. Les surfaces pourraient être chaudes;
 - éviter toute proximité immédiate avec l'échappement du ventilateur.

- **Pour réduire les risques associés à la contamination environnementale :**
 - les gaz d'échappement doivent être évacués de manière sûre et selon la réglementation locale.
- **Pour réduire les risques associés à l'endommagement du contacteur à membrane :**
 - veiller à l'alignement adéquat du contacteur à membrane avec la tuyauterie et au serrage adéquat des brides pendant l'utilisation et après le nettoyage. Toujours effectuer des vérifications du système conformément aux directives d'installation et aux politiques de l'établissement avant de le mettre en marche;
 - veiller à l'évacuation et au rinçage adéquats du contacteur à membrane avant de procéder à son entretien, à sa réparation ou à son expédition.

Avis – Pour éviter d'endommager le contacteur à membrane ou le système :

- veiller à ne pas faire tomber, heurter ou percuter le contacteur à membrane;
- si le contacteur à membrane est utilisé avec un entraînement à l'air, la température ne doit pas dépasser 35 °C (95 °F). Pour les contacteurs à membrane utilisés sous vide uniquement, cette déclaration ne s'applique pas;
- pour tous les contacteurs à membrane, la pression du côté lumière ne doit jamais dépasser la pression du côté coquille pendant le nettoyage et le fonctionnement. Toujours consulter les directives d'utilisation et de nettoyage en fonction de l'application.
- pour éviter toute contamination du fluide de procédé, il est recommandé de porter des gants lors de la manipulation des contacteurs à membrane;
- les Contacteurs à membrane Liqui-Cel^{MC} 3M^{MC} doivent être entreposés au sec et dans un sac en plastique scellé ou un matériau d'emballage rétractable pour empêcher l'introduction de contaminants à l'intérieur du contacteur à membrane;
- entreposer au sec les Contacteurs à membrane Liqui-Cel 3M à des températures inférieures à 50 °C (122 °F), mais de préférence à des températures inférieures à 35 °C (95 °F), pour ne pas risquer de raccourcir leur durée utile. Les contacteurs à membrane doivent toujours être entreposés à des températures supérieures au point de congélation et, s'ils sont entreposés à basse température, ils doivent atteindre la température ambiante avant d'être utilisés;
- les Contacteurs à membrane Liqui-Cel 3M doivent être entreposés dans leur boîte originale ou dans une autre boîte opaque et ne doivent pas être installés dans un endroit où ils seront exposés à la lumière directe du soleil;
- toute rallonge d'orifice en plastique doit être renforcée afin d'éviter qu'elle ne se plie sous l'effet d'une charge excessive de la tuyauterie;
- ne pas utiliser de pâte d'étanchéité pour raccords filetés pour connecter les raccords au contacteur à membrane;
- faire preuve de prudence en utilisant un raccord en métal pour connecter un raccord en plastique au contacteur à membrane;
- ne pas laisser les contacteurs à membrane contenant des membranes en fibres creuses microporeuses entrer en contact avec des surfactants, de l'huile ou des solvants organiques, tels que les alcools purs, le glycol, l'acétone, etc., afin de réduire le risque d'imprégnation complète de la membrane. Les Contacteurs à membrane de Série SP contenant une membrane en polyoléfine ne sont pas soumis à cette restriction;
- pour protéger les contacteurs à membrane, le matériel de préfiltration doit être inspecté et entretenu conformément aux Lignes directrices relatives à l'utilisation des Contacteurs à membrane Liqui-Cel 3M pour l'eau d'entrée et les gaz d'entraînement, dans la section intitulée « Ressources techniques » du site Web 3M.ca/Liqui-Cel-fr;
- les matières en suspension, les contaminants biologiques ou la précipitation de sels solubles ou insolubles à la surface de la membrane peuvent entraîner son obturation;
- il est recommandé d'utiliser de l'eau filtrée, déchlorée et déionisée pour mélanger les solutions de nettoyage. Si un changement de pH se produit dans une eau contenant des composés peu solubles de Ca, Mg, Fe, Al, silice (SiO₂), etc., une précipitation de la solution peut se produire, bloquant ou endommageant la membrane. Veiller à une absence totale de ces composés dans l'eau;
- toute exposition cumulative de la membrane à des oxydants tels que l'ozone, le chlore, le peroxyde d'hydrogène, l'acide peracétique, etc. doit être limitée pour éviter l'oxydation de la membrane;
- éviter de provoquer des coups de bélier (augmentation soudaine de la pression) dans le système.

Attention :

Mise au rebut

À la fin de sa durée utile, mettre le contacteur à membrane ou les cartouches au rebut conformément à toutes les réglementations locales et gouvernementales applicables.

Dangers liés aux produits chimiques

Les produits chimiques que l'utilisateur choisit d'utiliser en conjonction avec la membrane peuvent présenter leurs propres dangers. L'utilisateur doit suivre tous les renseignements sur la sécurité et les exigences connexes fournies par le fournisseur de produits chimiques et les réglementations applicables, ainsi qu'effectuer sa propre évaluation de la sécurité au travail, des dangers et des utilisations. Ce document ne peut pas aborder toutes les exigences de sécurité et/ou de manipulation sécuritaire que les différents produits chimiques peuvent présenter. Il incombe à l'utilisateur de s'assurer que les produits chimiques ne sont utilisés que par des personnes qualifiées qui sont familières avec leur utilisation et leurs dangers (par exemple, le personnel ayant reçu une formation sur les matières dangereuses) et qui disposent de l'équipement de protection approprié, comme spécifié dans le programme de sécurité de l'entreprise et la fiche technique santé-sécurité du produit chimique. L'utilisateur assume l'entière responsabilité de l'adéquation et de l'utilisation, ainsi que la protection de l'environnement, et la santé et la sécurité liées à ces produits chimiques.

Reinseignements relatifs à la directive sur les équipements sous pression (DESP) européenne

Les contacteurs à membrane industriels 2,5×8, 4×13, 4×28, 6×28, 8×20, 8×40, 8×80 et 10×28 sont fabriqués selon de saines pratiques d'ingénierie où le marquage « CE » n'est pas requis en raison de leur petite taille et de leurs faibles pressions et volumes. Les boîtiers en acier inoxydable et en plastique renforcé de fibres doublé de difluorure de polyvinylidène (PVDF) du contacteur 10×28, en plus des produits 14×28 et 14×40 ont une classification de produit de catégorie I selon la norme PED 2014/68/EU et portent la marque « CE ».

II. Aperçu de la technologie

Les Contacteurs à membrane Liqui-Cel 3M permettent un contrôle efficace des gaz dissous dans une conception compacte. Ils ont la capacité d'ajouter des gaz (adsorption de gaz) ou d'éliminer (dégazage) les gaz dissous des courants de liquide compatible sans dispersion. Ces dispositifs d'échange gazeux utilisent la technologie des membranes à fibres creuses qui peut permettre aux installations à travers le monde d'améliorer leur efficacité et leur rendement, tout en préservant la qualité de leurs produits.

Un contacteur à membrane peut contenir des milliers de fibres creuses soit microporeuses, soit denses et asymétriques, placées à l'intérieur d'un boîtier de contacteur et disposées avec un espacement uniforme pour permettre une capacité de débit élevée et l'utilisation de la surface totale de la membrane. Comme la membrane en fibres creuses est hydrophobe, les liquides ne pénètrent pas dans les pores de la membrane. Une pression plus élevée est appliquée au courant de liquide par rapport au courant de gaz. Contrairement aux contacteurs à phase dispersée, tels que les colonnes remplies, les contacteurs à membrane offrent une surface interfaciale stable pour l'échange sur toute la plage de débits. Plusieurs variantes de conception de contacteurs à membrane, classées en trois catégories de séries, sont offertes pour répondre aux besoins d'une vaste gamme d'utilisations et de débits.

Tableau 1 : Contacteurs à membrane Liqui-Cel^{MC} 3M^{MC} classés par Série

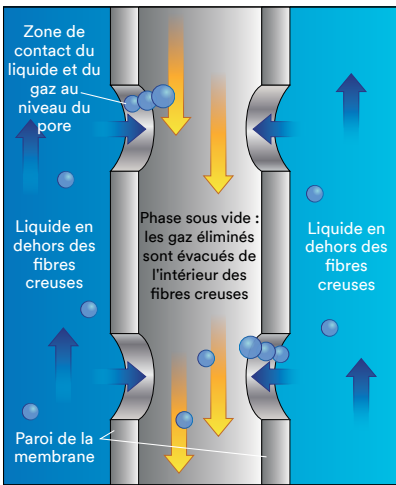
Série EXF	Série SP	Série MM
• Plages de débits moyens à élevés • Généralement utilisé pour l'eau, mais peut être utilisé avec d'autres liquides • Débit de liquide à l'extérieur des fibres (côté coquille) • Utilise un déflecteur central pour améliorer la dynamique de débit • Comprend les produits 8×40 et 8×80 pour permettre une utilisation dans des applications à pression plus élevée • Utilise une membrane en fibres creuses microporeuses en polypropylène (PP)	• Plages de débits faibles à moyens • Généralement destiné aux liquides compatibles ayant une faible tension superficielle • Débit de liquide à l'extérieur des fibres (côté coquille) • Les séries SP-2.5×8, 4×13 et 4×28 utilisent un déflecteur central pour améliorer la dynamique de débit • Utilise une membrane en polyoléfine à couche externe dense qui est perméable aux gaz Remarque : Tous les produits de la Série SP ne sont pas traités dans les présentes Lignes directrices relatives à la conception et à l'utilisation. Consulter le document intitulé <i>Procédures de démarrage pour la Série SP</i> sur le site Web 3M.ca/Liqui-Cel-fr concernant les Contacteurs à membrane des Séries SP-0.5×1,1×3, 1×6 et 2×6.	• Plages de faibles débits • Utilise une membrane en fibres creuses microporeuses en polypropylène (PP) Remarque : Les produits de la Série MM ne sont pas traités dans les présentes Lignes directrices relatives à la conception et à l'utilisation. Consultez le document intitulé <i>Procédures de démarrage pour la Série MM</i> sur le site Web 3M.ca/Liqui-Cel-fr.

Consultez notre site Web 3M.ca/Liqui-Cel-fr pour de plus amples renseignements concernant les utilisations et les options de produits offertes.

A. Description et conception du contacteur à membrane

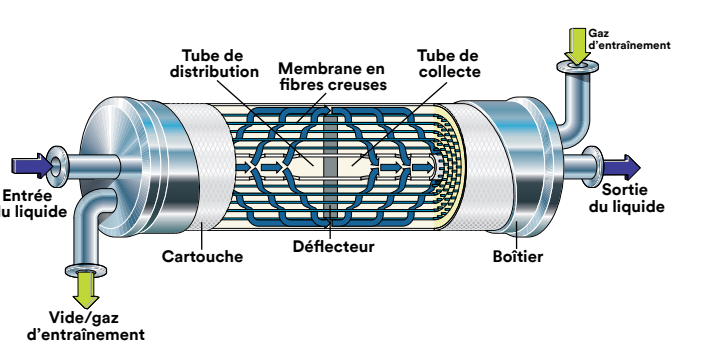
Quel que soit le type de membrane et la variante de contacteur à membrane utilisée, le principe de séparation des Contacteurs à membrane Liqui-Cel 3M diffère sensiblement des autres types de séparation par membrane, telles que la filtration et la séparation des gaz. Les Contacteurs à membrane Liqui-Cel 3M ne génèrent pas de courant convectif à travers les pores de la membrane en fibres creuses. Au contraire, la membrane agit comme un support inerte qui met en contact direct les phases liquide et gazeuse sans dispersion. L'échange entre les phases liquide et gazeuse est principalement régi par la différence de pression partielle de chaque espèce de gaz entre les deux phases. La surface de dégazage par unité de volume est supérieure d'un ordre de grandeur à celle des technologies traditionnelles telles que les colonnes remplies, les dégazeurs à tirage forcé et les tours sous vide. Ce rapport surface/volume plus élevé permet de réduire considérablement la taille du système tout en conservant un degré de rendement comparable. Les Contacteurs à membrane Liqui-Cel 3M sont des dispositifs mécaniques qui ne nécessitent aucun produit chimique pour fonctionner.

Figure 1 : Vue de coupe de la membrane en fibres creuses microporeuses montrant la trajectoire du liquide et du gaz



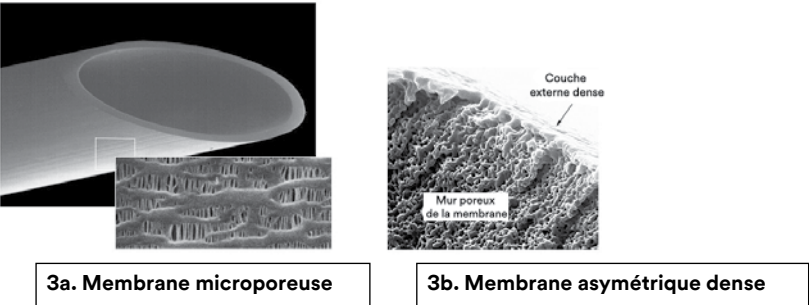
Le liquide est introduit d'un côté du contacteur. Il circule le long de la membrane en fibres creuses et autour du déflecteur central. Il repasse sur la membrane de l'autre côté et sort du contacteur à l'état dégazé. Les fibres creuses sont ouvertes d'une extrémité à l'autre. Les gaz éliminés sont évacués par l'orifice de sortie sous vide/gaz d'entraînement.

Figure 2 : Contacteur à membrane Liqui-Cel 3M avec conception à déflecteur central



B. Types et sélection de membranes en fibres creuses

Figure 3 : Image de membranes à fibres creuses vues à travers un microscope électronique à balayage (MEB)



Les Contacteurs à membrane Liqui-Cel^{MC} 3M^{MC} utilisent normalement deux types de membrane : les Contacteurs à membrane de Série EXF utilisent une membrane en fibres creuses microporeuses symétriques en polypropylène et les Contacteurs à membrane de Série SP utilisent une membrane en fibres creuses asymétriques en polyoléfine à couches denses qui sont perméables aux gaz. Les figures 3a et 3b montrent les structures des deux types distincts de membranes en fibres creuses.

Les fibres utilisées dans les opérations d'eau sont microporeuses alors que les liquides à faible tension superficielle nécessitent des fibres asymétriques et denses. Les fibres microporeuses sont désignées X40 et X50. Ces membranes sont hydrophobes et non sélectives, mais certaines variantes sont plus adaptées à certaines applications particulières.

Tableau 2 : Types de membranes et utilisations

Membrane en fibres creuses microporeuses en polypropylène		Membrane en fibres creuses asymétriques denses en polyoléfine	
Type de fibres	Utilisation	Type de fibres	Utilisation
X40	Utilisation recommandée pour d'entraînement de l'O ₂ dans l'eau, mais peut également être utilisée pour l'élimination du CO ₂	UltraPhobic I (UP I)	Débuller/dégazer les liquides à faible tension superficielle
X50	Peut être utilisée pour l'élimination du CO ₂ dans l'eau, mais peut également être utilisée pour l'élimination de l'O ₂	UltraPhobic II (UP II)	Débuller/dégazer les liquides à faible tension superficielle. Une couche extérieure de fibres creuses « plus dense » par rapport à celle de l'UP I, ce qui peut contribuer à réduire le risque de crevaisson par des liquides compatibles (p. ex. des liquides contenant des solvants, des surfactants)
XIND	Nom de la membrane en fibres creuses utilisée dans la version industrielle des Contacteurs à membrane Liqui-Cel ^{MC} 3M ^{MC} de Série EXF-10x28 industrielle. Peut être utilisé pour éliminer l'O ₂ et le CO ₂ de l'eau.	UltraPhobic II+ (UP II+)	Débuller/dégazer les liquides à faible tension superficielle. Une couche extérieure de fibres creuses « plus dense » par rapport à UP II, ce qui peut contribuer à réduire davantage le risque de crevaisson par des liquides compatibles (p. ex. des liquides contenant des solvants, des surfactants).

Les extrêmes entre les températures de fonctionnement de l'eau et la température ambiante peuvent entraîner des problèmes de fonctionnement, notamment pendant les cycles de marche/arrêt ou en mode veille. La condensation à l'intérieur des fibres creuses réduit le débit du gaz d'entraînement et, par conséquent, le rendement de l'échange gazeux. Même si le type X50 est recommandé pour l'élimination du CO₂, il peut ne pas être le choix optimal si la température de l'eau est supérieure à 30 °C (86 °F). Les fibres X40 doivent être envisagées en raison de leur capacité de transport de vapeur d'eau plus faible (porosité plus faible) lorsque la température de l'eau est plus élevée.

On ne trouve pas tous les types de membranes en fibres creuses dans tous les contacteurs à membrane. Veuillez consulter les fiches techniques sur le site Web 3M.ca/Liqui-Cel-fr. L'équipe commerciale et le service technique peuvent vous aider à sélectionner la membrane appropriée.

III. Renseignements importants sur la protection de la membrane et des Contacteurs à membrane Liqui-Cel 3M

A. Généralités

- La pression du liquide du côté coquille doit toujours être supérieure à la pression du gaz du côté lumière.
- Ne jamais dépasser les pressions/températures maximales indiquées dans ce guide et sur les fiches techniques des contacteurs.

B. Oxydation

L'exposition de la membrane en fibres creuses à l'intérieur d'un Contacteur à membrane Liqui-Cel 3M à des espèces oxydantes peut réduire la durée utile du contacteur. Il est vivement recommandé de procéder à une évaluation des risques avant toute mise en service afin de déceler tout risque possible d'exposition des membranes à des oxydants. Il incombe à l'acheteur et à l'exploitant seuls d'examiner tous les risques possibles.

Il existe de nombreuses causes possibles d'oxydation des membranes induites par diverses espèces en phase liquide ou gazeuse. À titre de référence, certaines espèces oxydantes courantes dans l'eau sont indiquées dans le tableau 3 ci-dessous, en plus de leurs puissances oxydatives relatives. L'augmentation de la température accélérera l'oxydation par ces espèces.

Tableau 3 : Potentiel oxydatif de différentes espèces dans l'eau

Espèces oxydantes	Puissance oxydative relative (eV)
F ₂	3,10 eV
OH [•]	2,8 eV
O [•]	2,42 eV
O ₃	2,07 eV
H ₂ O ₂	1,70 eV
Cl ₂	1,36 eV

Remarque : La liste ci-dessus n'est pas exhaustive et l'acheteur ou l'exploitant assume l'entière responsabilité de veiller à ce qu'aucune espèce oxydante ne soit présente.

Nous recommandons d'éliminer le chlore libre, l'ozone et toute autre espèce oxydante de l'eau avant d'utiliser le Contacteur à membrane Liqui-Cel 3M.

Exemples courants de risques d'oxydation

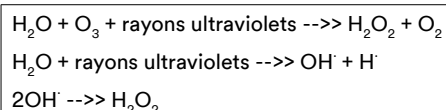
Oxygène dans l'air : l'air est parfois utilisé comme gaz d'entraînement dans un contacteur à membrane. L'oxygène (une espèce oxydante) présent dans l'air peut provoquer une certaine détérioration des fibres creuses de la membrane, en particulier lorsque les températures sont élevées.

Lorsque l'air est utilisé en mode de dégazage par gaz d'entraînement, il convient de noter les renseignements suivants :

- une eau dont la température est supérieure à 35 °C (95 °F) augmente le risque d'oxydation de la membrane;
- une température de l'air dépassant 35 °C (95 °F), lors d'un dégazage à l'air, augmente le risque d'oxydation de la membrane.

Peroxydes et ozone dans l'eau : la présence de peroxydes et d'ozone est également un facteur important dont il faut tenir compte. Ces substances sont utilisées dans de nombreux cas comme désinfectants, germicides et pour détruire le carbone oxydable dissous dans de nombreux processus de purification de l'eau. Si ces espèces sont présentes dans le liquide qui traverse le contacteur à membrane, elles oxyderont la membrane.

Les rayons ultraviolets et les radicaux hydroxyles dans l'eau : le rayonnement ultraviolet est couramment utilisé après l'étape d'ozonation pour décomposer l'ozone ou toute autre espèce oxydante afin d'éliminer le carbone organique et de désinfecter l'eau. Le rayonnement ultraviolet utilisé seul peut également générer de puissants radicaux hydroxyles accompagnés de peroxyde d'hydrogène dans l'eau, comme le montre le schéma ci-dessous. Le radical hydroxyle est une espèce à courte durée de vie, mais dont le potentiel oxydatif est considérable.



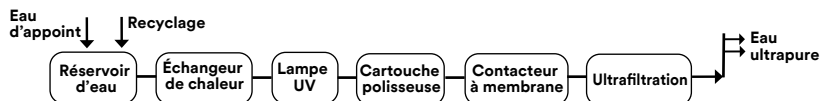
Les lampes ultraviolettes ayant une longueur d'onde de 185 nm génèrent un niveau plus élevé de radicaux libres que celles dont la longueur d'onde est de 254 nm; les radicaux présents dans une eau à haut degré de pureté ont une durée utile plus longue que ceux présents dans une eau de qualité inférieure ayant un taux de carbone organique total plus élevé. La lampe ultraviolette doit être réglée au niveau de puissance le plus faible permis pour réduire la production de radicaux libres. La présence

d'ozone peut également se manifester dans les tuyaux en acier inoxydable par une décoloration ou un rougissement.

Lorsqu'ils sont utilisés dans un cycle de recirculation, les niveaux de radicaux libres peuvent s'accumuler après chaque passage sous la lampe ultraviolette si l'eau ne contient aucun carbone organique total susceptible de réagir avec les radicaux libres. Les niveaux de puissance doivent être réduits (si cela est permis) pendant les périodes de recirculation élevée.

Un schéma de circulation typique pour la production d'eau ultrapure est présenté ci-dessous, indiquant l'emplacement du dégazeur à membrane.

Figure 4 : Emplacement type du Contacteur à membrane Liqui-Cel^{MC} 3M^{MC} dans un cycle de circulation d'eau ultrapure avec élimination de carbone organique total



Ne pas placer les Contacteurs Liqui-Cel en aval des lampes ultraviolettes lorsqu'ils sont utilisés comme dégazeur à membrane. Si cela est impossible, il doit au moins y avoir un temps de séjour substantiel de l'eau entre les contacteurs à rayons ultraviolets et les Contacteurs Liqui-Cel. Même un placement plus en aval des rayons ultraviolets peut entraîner une oxydation.

Chlore : l'eau et/ou les liquides passant par le contacteur peuvent contenir des niveaux élevés de chlore, qui peut également provoquer l'oxydation des fibres creuses de la membrane. Il est recommandé d'éliminer tout chlore des liquides passant par le contacteur. Toutefois, de l'eau de ville contenant ≤ 1 ppm de chlore libre à des températures ambiantes de ≤ 35 °C (95 °F) pourrait être utilisée, compte tenu du mode de fonctionnement. Il convient de noter qu'une certaine oxydation risque toujours de se produire. Pour atténuer les effets de l'oxydation de la membrane, il convient de maintenir une circulation continue de gaz d'entraînement inerte. En mode de dégazage sous vide, il convient de laisser celui-ci en marche lorsque les contacteurs ne sont pas en fonctionnement.

Des traces de métaux dissous, tels que le fer et le nickel, agiront comme un catalyseur en présence de chlore ou d'autres agents oxydants. Cela entraîne une oxydation rapide de la membrane, particulièrement lorsque l'eau est chaude.

C. Surfactants et solvants organiques

Éviter tout contact avec des surfactants et des solvants organiques à faible tension superficielle (tels que les alcools) lors de l'utilisation d'une membrane en polypropylène, car ceux-ci rendent la membrane hydrophile. La membrane devra être nettoyée et séchée avant que le contacteur puisse être remis en service.

Protection des autres matériels intégrés au système

En cas de défaillance de la membrane, quelle qu'en soit la raison, de l'eau liquide risque de passer par le côté gazeux de la membrane. Lors d'un fonctionnement normal, les gaz sortent du système à membrane soit à la pression atmosphérique, soit sous vide. En cas de défaillance de la membrane, l'eau s'écoule par les orifices de phases sous vide ou gazeuse. Dans certains cas extrêmes, l'eau peut même cesser de suivre sa trajectoire habituelle. Dans les cas rares d'une défaillance majeure de la membrane entraînant une dérivation de l'eau vers la pompe à vide, en mode sous vide ou en mode combiné, il est recommandé d'installer un purgeur de liquide et un manostat à vide élevé sur la conduite à vide. Un manostat basse pression avec alarme ou un régulateur de circulation d'eau situé sur la sortie d'eau du contacteur à membrane est également recommandé pour empêcher la pompe ou tout autre équipement majeur de fonctionner à sec.

Maintenir le niveau de rendement

Comme la vapeur d'eau et d'autres gaz volatils passent à travers la membrane, le gaz d'entraînement deviendra saturé de vapeur. En fonction de la température ambiante, de la condensation peut se produire dans la tuyauterie de la sortie de gaz. Par conséquent, la tuyauterie de sortie doit être inclinée vers le bas et éloignée des contacteurs à membrane. La tuyauterie doit être conçue pour évacuer l'eau des contacteurs à membrane et de la tuyauterie. Si le condensat n'est pas éliminé, il peut s'accumuler dans les lumières au fil du temps et réduire le rendement du contacteur à membrane. Le taux de condensation dépend de la température du liquide et de la surface de contact de la membrane. Plus le débit de liquide est chaud, plus le taux de transport de la vapeur d'eau est élevé. La production de condensation est tout à fait normale.

IV. Modes de dégazage

Un gaz dissous peut être évacué d'un courant aqueux à l'aide d'un contacteur à membrane en utilisant l'un des quatre modes de fonctionnement suivants :

- Mode de dégazage par gaz d'entraînement
- Mode de dégazage sous vide
- Mode de dégazage sous vide assisté par gaz d'entraînement (combiné)
- Mode de dégazage par ventilateur en mode aspiration (ventilateur à tirage induit) pour une élimination économique du CO₂

Lignes directrices générales pour déterminer le mode de fonctionnement à choisir pour les deux principales applications de dégazage.

Gaz dissous à éliminer de l'eau	Mode de fonctionnement suggéré	Degré d'élimination (pureté du gaz d'entraînement)
Oxygène	- Mode de dégazage combiné - Mode de dégazage par gaz d'entraînement - Mode de dégazage sous vide	< 1 ppb (99,999 % N₂) < 10 ppb (99,99 % N₂) ~ 100 ppb (99,9 % N₂) 500 à 1 000 ppb (sans gaz d'entraînement)
Dioxyde de carbone	- Mode de dégazage par entraînement à l'air - Mode de dégazage par ventilateur en mode aspiration - Mode de dégazage sous vide assisté par gaz d'entraînement (mode combiné avec entraînement à l'air)	≤ 2 ppm (air comprimé exempt d'huile, filtré à entre 1 μm et 3 μm) ≤ 2 ppm (air atmosphérique, filtré à entre 1 μm et 3 μm) ≤ 1 ppm (air atmosphérique, filtré à entre 1 μm et 3 μm)

Instrumentation recommandée pour le système

Manomètres (vannes d'isolement facultatives)

- près de l'entrée d'eau du contacteur
- près de la sortie d'eau du contacteur

- entrée de gaz (p. ex., azote à haute pression)
- après le débitmètre pour gaz (manomètre décharge positive, évacuation des gaz allant de 0 barg à 2 barg (de 0 lb/po² à 30 lb/po²), carbonatation allant de 0 barg à 10 barg (de 0 lb/po² à 150 lb/po²)
- pression de canalisation de conduite à vide (après l'orifice de sortie de gaz)
- eau de circulation sous vide près du raccord de pompe (facultatif)

Débitmètres

- gaz d'entraînement (un par collecteur de gaz ou chaîne est recommandé)
- entrée d'eau

Manodétendeur

- manodétendeur pour pression de gaz allant de 6 barg à 10 barg et descendant à 1 barg

Vannes

- robinets à bille pour l'isolement des entrées et des sorties d'eau
- robinets à bille pour l'isolement des entrées et des sorties de gaz, sauf pour les modes de dégazage sous vide et par gaz d'entraînement
- vanne de régulation de débit manuelle pour entrées, facultatif
- vanne de décharge de sécurité pour entrées d'eau et de gaz
- vanne de purge sur la conduite d'entrée d'eau
- vannes de purge entre les contacteurs sur support vertical (facultatif)

Conduite à vide du collecteur

- clapet antiretour installé sur le côté aspiration de la pompe à vide
- vanne d'arrêt de collecteur (une par chaîne pour isoler chaque chaîne)

Étanchéité de la pompe à vide à anneau liquide/eau de circulation

- clapet antiretour
- robinet à aiguille
- solénoïde
- vanne d'arrêt à l'entrée
- manomètre combiné

Manocontacteurs

- manocontacteur haute pression sur l'entrée d'eau pour l'arrêter ou pour avertir l'exploitant
- manocontacteur haute pression sur la conduite à vide pour avertir l'exploitant

Mesure de la température

- entrée d'eau
- entrée d'eau de circulation à vide

A. Mode de dégazage par gaz d'entraînement

Note sur le fonctionnement : En mode de dégazage par gaz d'entraînement, un débit de gaz circule du côté lumière du contre-courant du contacteur vers le débit d'eau. En choisissant un gaz d'entraînement (tel que le N₂ ou l'air) différent du gaz à éliminer, une différence de pression partielle est créée entre la phase liquide (côté coquille) et la phase gazeuse (côté lumière). Cela provoque l'échange du gaz cible vers le côté lumière et son évacuation vers l'extérieur du contacteur. La pureté du gaz d'entraînement aura une incidence sur le niveau de gaz dissous pouvant être atteint à la sortie du liquide. Il est recommandé d'utiliser au minimum de l'air de classe 1 de l'ISO avec une teneur en huile de 0,01 mg/m³ ou moins. Lorsque le mode de dégazage par gaz d'entraînement est utilisé, le courant de liquide deviendra également saturé par ce gaz d'entraînement. Le courant de sortie du gaz d'entraînement sera humidifié et pourra être saturé de vapeur d'eau qui se condensera dans la conduite.

Configuration côté gaz

Instrumentation recommandée pour le mode de dégazage par gaz d'entraînement jusqu'aux Contacteurs à membrane Liqui-Cel^{MC} 3M^{MC} lors de l'utilisation de gaz comprimés (consulter les figures 5 et 6)

- Manodétendeur (PCV-201)
- Robinet à aiguille (V-202)
- Indicateur de pression (PI-201)
- Débitmètre (FI-201)

Si la température de l'air ou de l'eau est supérieure à 35 °C (95 °F), la membrane s'oxydera plus rapidement, ce qui réduira sa durée utile.

Remarque : Un ventilateur augmente la température de l'air. Une température de l'air supérieure à 35°C (95°F) peut nuire à la durée utile des membranes. Pour cette raison, un ventilateur ne doit pas être utilisé pour forcer l'air à l'intérieur du contacteur à membrane, mais devrait être utilisé en mode aspiration pour tirer l'air à travers le contacteur à membrane. **Consulter la section IV D** pour de plus amples renseignements.

Tableau 4 : Débits d'entraînement à l'air typiques recommandés pour l'élimination du CO₂ *

Contacteurs à membrane Liqui-Cel 3M		
	pi ³ /min	mn ³ /h
2.5×8	0,25 à 1,5	0,4 à 2,4
4×13	1 à 6	1,6 à 9,5
4×28	1 à 10	1,6 à 15,8
6×28	2 à 12	3,2 à 19
8×20	3 à 18	4,7 à 28,5
8×40	5 à 20	7,9 à 31,7
8×80	Non recommandé pour le mode de dégazage par entraînement à l'air	
10×28	5 à 30	7,9 à 47,5
14×28	10 à 60	15,8 à 95
14×40	Non recommandé pour le mode de dégazage par entraînement à l'air	

* Les valeurs indiquées représentent les débits d'entraînement typiques utilisés dans la plupart des systèmes en marche. Cependant, les contacteurs à membrane peuvent fonctionner à des taux d'entraînement plus élevés. Pour des renseignements sur la configuration et le fonctionnement côté eau, consulter la section IV de ce guide.

Figure 5. Schéma de tuyauteries et instrumentations de procédés générique pour le fonctionnement par gaz d'entraînement avec deux contacteurs à membrane en série : montage vertical (SMC-0113-10-5753)

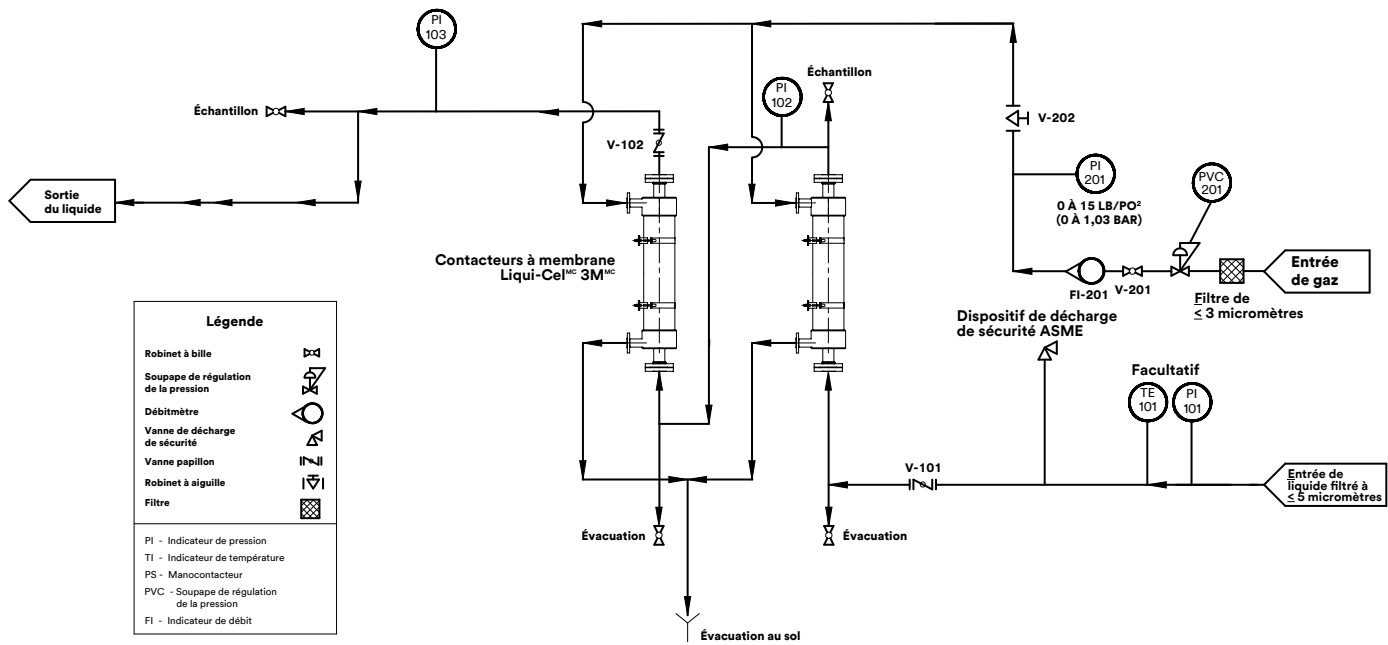
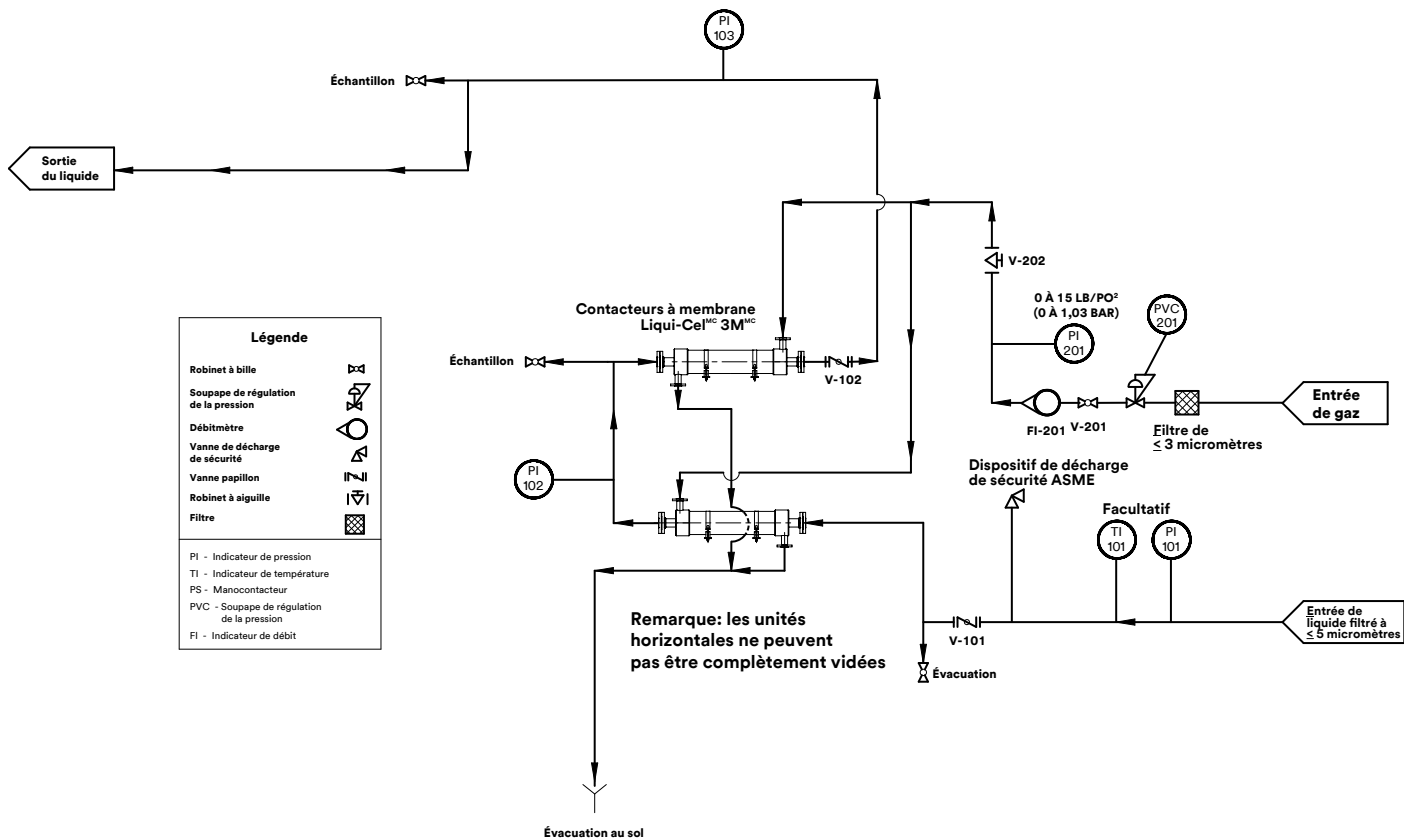


Figure 6. Schéma de tuyauteries et instrumentations de procédés générique pour le fonctionnement par gaz d'entraînement avec deux contacteurs à membrane en série : montage horizontal (SMC-0113-10-5754)



B. Mode de dégazage sous vide

Note sur le fonctionnement : La méthode sous vide est recommandée pour le contrôle total des gaz et l'élimination des gaz dissous en vac.

Un vide est appliqué au côté lumière du contacteur à membrane. Le vide doit être appliqué à partir des deux orifices de lumière, plutôt qu'à partir d'un seul orifice de lumière, afin d'améliorer l'efficacité de l'élimination des gaz en vac. Lorsqu'un vide est appliqué, il crée une différence de pression partielle entre la phase liquide (coquille) et la phase gazeuse (lumière). Cette différence de pression partielle entraîne l'échange de gaz dissous du côté coquille vers le côté lumière. Les gaz éliminés sont évacués par l'orifice d'échappement de la pompe à vide. Différents degrés de vide auront une incidence sur l'efficacité du dégazage. Plus le vide est élevé, plus les concentrations de sortie de gaz dissous sont faibles.

Configuration du côté vide

Instrumentation minimum recommandée pour fonctionner en mode sous vide (consulter les figures 7 et 8)

- Purgeur de liquide sous vide (facultatif, la configuration du système peut ne pas nécessiter de purgeur de liquide)
- Indicateur décharge (PI-301) pour les applications sous vide
- Clapet antiretour (V-302)

Le bon fonctionnement d'un système de dégazage par Contacteur à membrane Liqui-Cel^{MC} 3M^{MC} fonctionnant en mode sous vide ou combiné dépend d'un système sous vide bien conçu (tuyauterie et pompe à vide). Il est important de suivre les recommandations figurant ci-dessous lors de la conception d'un système sous vide.

Tuyauterie

- Concevoir la taille de la tuyauterie de conduite à vide pour le fonctionnement sous vide. Les filetages, le revêtement de tuyau et le ruban adhésif pour tuyaux doivent être utilisés avec une extrême prudence afin d'éviter toute fuite d'air dans la conduite à vide. Toute fuite d'air aura une incidence sur l'efficacité du dégazage.
- Éviter les longs segments de tuyauterie et de boucles. Utiliser le moins possible les coudes et autres éléments susceptibles d'entraîner une perte de pression.
- Concevoir le collecteur à vide pour gérer la charge de vapeur de l'ensemble du système. Comme la vapeur d'eau et d'autres gaz volatils passent à travers la membrane, le gaz du côté lumière deviendra saturé par la vapeur d'eau. En fonction de la température ambiante, de la condensation pourrait se produire dans la tuyauterie de la sortie de gaz. Par conséquent, la tuyauterie de sortie de gaz doit être inclinée vers le bas et éloignée des contacteurs à membrane pour permettre l'évacuation de l'eau des contacteurs à membrane et de la tuyauterie. Si la vapeur d'eau n'est pas évacuée, elle peut s'accumuler au fil du temps, ce qui pourrait réduire le rendement de la pompe à vide et, par conséquent, nuire au rendement des contacteurs à membrane. Le taux de condensation dépend de la température du liquide. Plus le débit de liquide est chaud, plus le taux de transport de la vapeur d'eau est élevé. Ce phénomène de condensation est tout à fait normal. La purge du côté lumière des fibres creuses au moyen d'un gaz d'épuration ou d'air à débit élevé pendant 5 à 30 minutes facilitera l'évacuation de la vapeur d'eau condensée dans les fibres.

Type et taille de la pompe à vide

- Utiliser le logiciel de dimensionnement ou communiquer avec un représentant de 3M pour estimer la charge de vapeur de la pompe à vide. Exprimée en pied cube effectif par minute ou en mètres cubes par heure (m³/h), la valeur de charge de vapeur et le degré de vide détermineront la taille de la pompe à vide.
- Une pompe à anneau liquide est recommandée. Il existe de nombreuses marques de pompes à anneau liquide. Choisissez celle qui répond à vos besoins et demandez à votre fournisseur un système sous vide complet qui comprend : une pompe à vide, un purgeur de liquide, un clapet antiretour, une soupape de purge, des manovacuomètres et une conduite d'eau à étanchéité complète.

Pour des renseignements sur la configuration et le fonctionnement du côté eau, consulter la section IV de ce guide.

Sécurité et protection des matériels

Dans les cas rares d'une défaillance majeure de la membrane entraînant une dérivation de l'eau vers la pompe à vide, en mode sous vide ou en mode combiné, il est recommandé d'installer un purgeur de liquide et un manocapteur à vide élevé sur la conduite à vide. Un manocapteur de basse pression avec alarme ou un régulateur de circulation d'eau situé sur la sortie d'eau du contacteur à membrane est également recommandé pour empêcher la pompe ou tout autre équipement majeur de fonctionner à sec.

Figure 7. Schéma de tuyauteries et instrumentations de procédés générique pour le fonctionnement en mode de dégazage sous vide avec deux contacteurs à membrane en série : montage vertical (SMC-0113-10-5751)

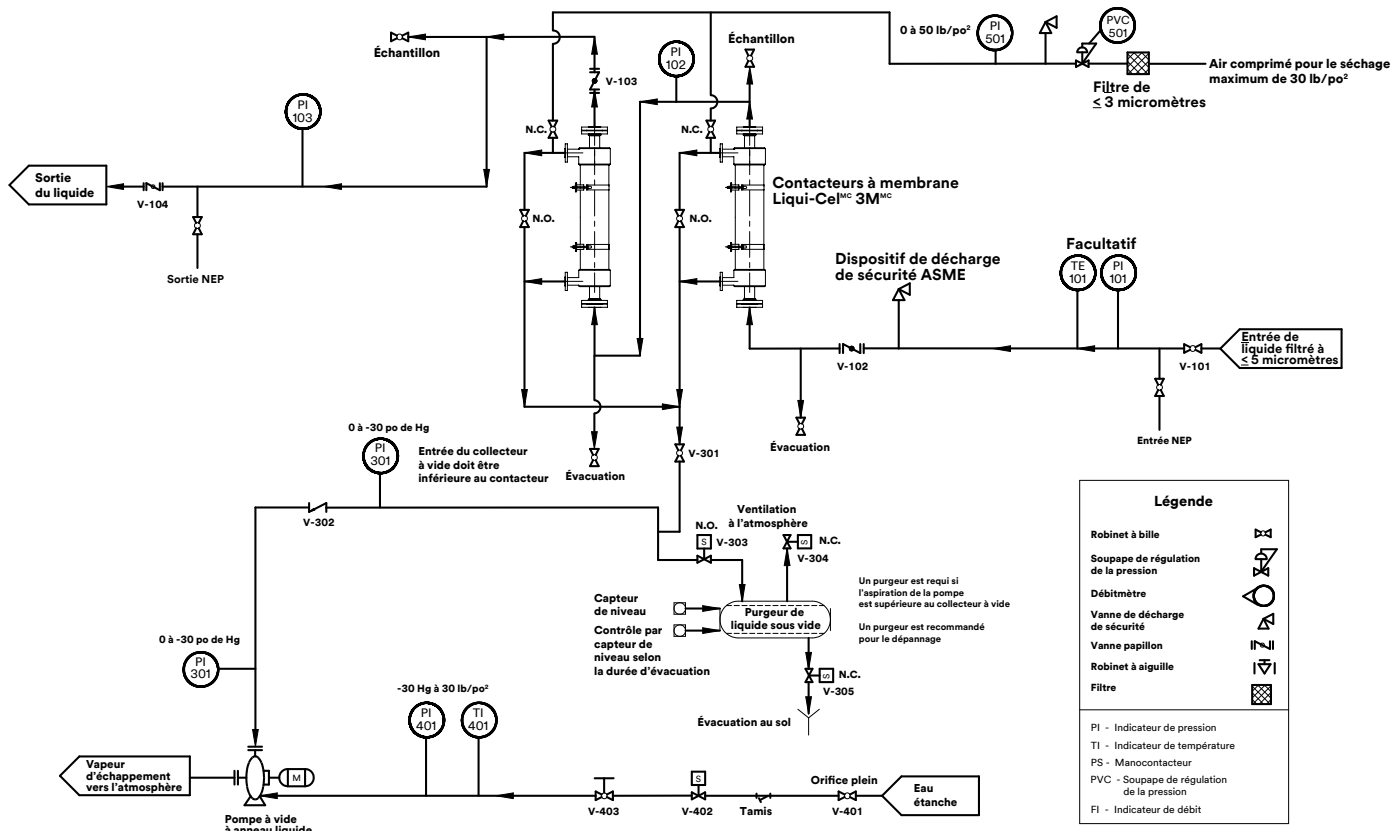
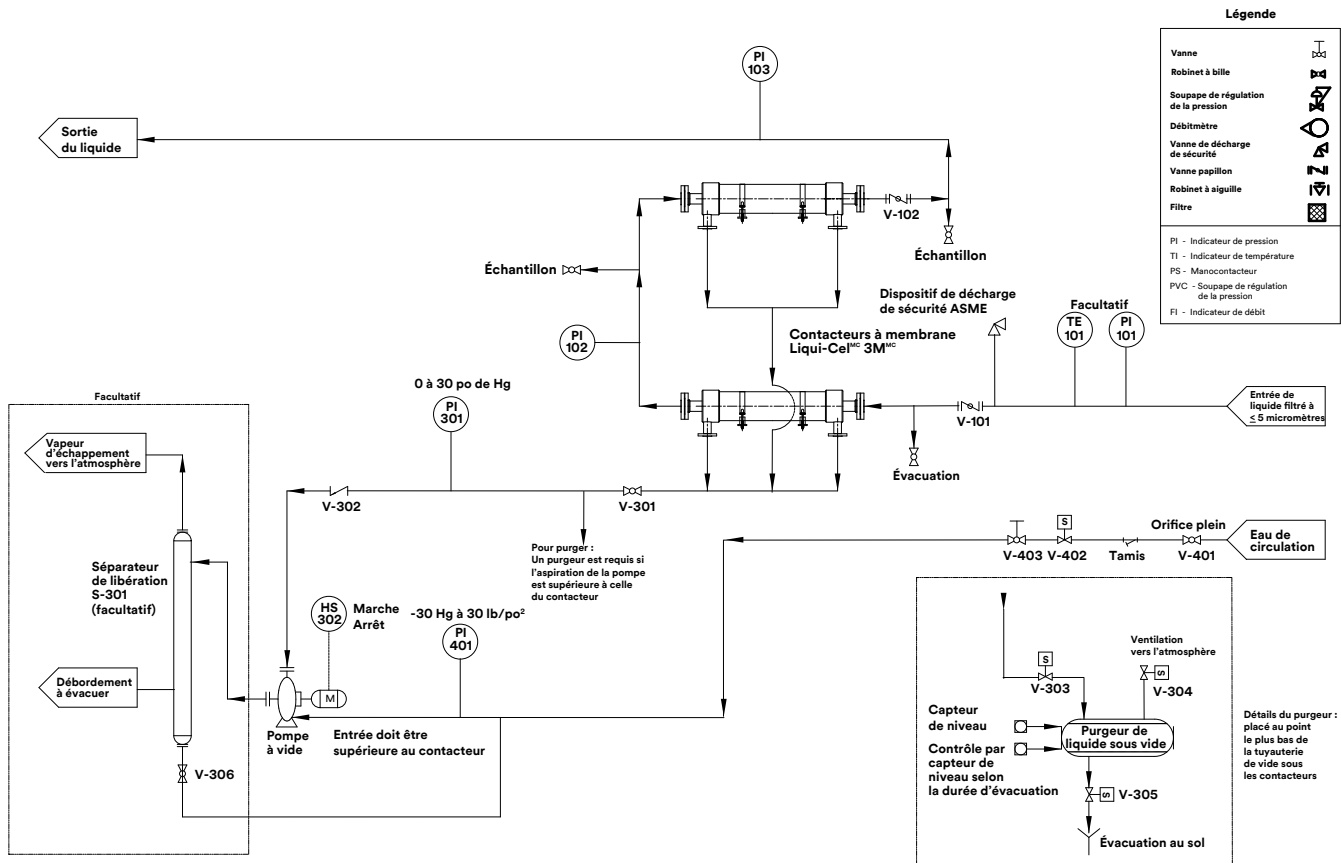


Figure 8. Schéma de tuyauteries et instrumentations de procédés générique pour le fonctionnement en mode de dégazage sous vide avec deux contacteurs à membrane en série : montage horizontal



C. Mode de dégazage sous vide assisté par gaz d'entraînement (combiné)

Remarque sur le fonctionnement : Le mode de dégazage sous vide assisté par gaz d'entraînement est le moyen le plus efficace d'atteindre de faibles niveaux d'O₂ ou de CO₂ dissous dans l'eau.

En mode combiné, un gaz d'entraînement est introduit dans l'un des orifices de lumière du contacteur à membrane, tandis que l'autre orifice de lumière est connecté à une source de vide. Le gaz d'entraînement aide à déplacer et à diluer le gaz qui se trouve dans la conduite à vide. En général, le degré de vide recommandé est situé entre 24 et 28 pouces de Hg dans la jauge, ou entre 50 et 150 mm de Hg (67 à 200 mb) absolu au niveau moyen de la mer. Le degré de vide pour l'eau à une température inférieure à 20 °C est généralement de 50 torr (67 mbar) et augmente au fur et à mesure que la température de l'eau s'élève. Cela permet de réduire la taille de la pompe à vide car la quantité de vapeur d'eau à une température de 35 °C est beaucoup plus élevée qu'à une température de 20 °C.

Configuration et fonctionnement pour le gaz d'entraînement et le côté vide

Configuration pour gaz d'entraînement :

1. Instrumentation recommandée en mode de dégazage combiné (consulter les figures 9 et 10)
2. Manodétendeur (PCV-201), nécessaire uniquement en cas d'utilisation de gaz comprimé pour l'entraînement
3. Robinet à aiguille (V-202)
4. Manomètre (PI 201), requis uniquement en cas d'utilisation de gaz comprimé pour l'entraînement
5. Débitmètre (FI-201), utiliser un débitmètre étalonné à la pression de gaz définie (m³/h ou pi³/min)
6. Pour l'élimination du CO₂, l'air ou l'azote comprimés peuvent être utilisés comme gaz d'entraînement.

Pour l'élimination de l'oxygène, le gaz d'entraînement peut être un gaz inerte (CO₂ ou N₂) d'une pureté d'au moins 99,9 %.

En cas d'utilisation d'air sec comprimé, veiller à ce que celui-ci soit exempt d'huile. Il est vivement recommandé d'utiliser un filtre de 0,2 micromètres pour les applications haute pureté. Un filtre à cote nominale d'efficacité de filtration de 1 à 3 micromètres est suffisante pour les utilisations industrielles.

Le robinet à aiguille (V-202) est installé sur la conduite d'entrée de gaz d'entraînement entre le contacteur à membrane et le débitmètre pour gaz. Cela permet au débitmètre de fonctionner sous une pression positive, éliminant ainsi les éventuelles fuites d'air dans la conduite de gaz à travers le débitmètre. Les rotamètres DOIVENT être utilisés avec un robinet à aiguille en aval si la soupape de régulation de débit est situé avant le flotteur. Certains rotamètres placent la soupape de régulation de débit en aval de l'indicateur de flotteur (au niveau de la conduite de sortie du rotamètre) et ce type est approprié. Les débitmètres massiques ne sont pas touchés par les pressions des gaz d'entrée.

Remarque : Pour l'élimination du CO₂, un ventilateur en mode aspiration peut être utilisé pour aspirer l'air ambiant vers l'intérieur des contacteurs à membrane. Consulter la section D ci-dessous pour obtenir de plus amples renseignements. Si de l'air ambiant est utilisé, le PCV-201 n'est pas nécessaire.

Côté sous vide :

Instrumentation recommandée pour le fonctionnement en mode de dégazage combiné :

- Indicateur de pression (PI-301) pour les utilisations sous vide
- Clapet antiretour (V-302)
- Purgeur de liquide sous vide (facultatif, la configuration du système peut ne pas nécessiter de purgeur de liquide)

Le bon fonctionnement d'un système de Contacteurs à membrane Liqui-Cel 3M^{MC} en mode sous vide ou combiné dépend d'une conduite de gaz et d'un système sous vide bien conçus (tuyauterie et pompe à vide). Il est important de suivre ces recommandations lors de la conception d'un système sous vide :

Tuyauterie

- Concevoir la taille de la tuyauterie de conduite à vide pour le fonctionnement sous vide. Les filetages, le revêtement de tuyau, et le ruban adhésif pour tuyaux doivent être utilisés avec une extrême prudence afin d'éviter toute fuite d'air dans la conduite à vide. Toute fuite d'air aura une incidence sur l'efficacité du dégazage.
- Le diamètre minimum de la conduite à vide doit être égal à la taille du raccord d'entrée de la pompe à vide.
- Éviter les longs segments de tuyauterie et de boucles. Utiliser le moins possible les coudes et autres éléments susceptibles d'entraîner une perte de pression.
- Configurer le collecteur à vide pour gérer la charge de vapeur de l'ensemble du système. Comme la vapeur d'eau et d'autres gaz volatils passent à travers la membrane, le gaz du côté lumière deviendra saturé par la vapeur d'eau. En fonction de la température, de la condensation peut se produire dans la tuyauterie de la sortie de gaz. Par conséquent, la tuyauterie de sortie doit être inclinée vers le bas et éloignée des contacteurs à membrane pour permettre l'évacuation de l'eau des contacteurs à membrane et de la tuyauterie. Si le condensat de vapeur d'eau n'est pas évacué, il peut s'accumuler au fil du temps, ce qui pourrait réduire le rendement de la pompe à vide et, par conséquent, nuire au rendement des contacteurs à membrane. Le taux de condensation dépend de la température du liquide. Plus le débit de liquide est chaud, plus le taux de transport de la vapeur d'eau est élevé. La production de condensation est tout à fait normale. La purge de la lumière au moyen d'un gaz d'entraînement ou d'air à débit élevé pendant 5 à 30 minutes facilitera l'évacuation de la vapeur d'eau contenue dans la lumière.
- De plus, lors du fonctionnement en mode de dégazage par gaz d'entraînement ou combiné à faibles débits dans des contacteurs à membrane plus petits (de 8 pouces ou moins), il est recommandé de monter verticalement les contacteurs à membrane de manière à ce que l'eau circule de bas en haut et que le gaz d'entraînement circule de haut en bas. La circulation vers le bas du gaz d'entraînement utilisée dans les contacteurs à membrane montés verticalement permet de purger en permanence la condensation dans les lumières.
- Si possible, utiliser un petit segment de tuyau en polychlorure de vinyle transparent pour surveiller le débit d'eau dans la pompe à vide. Cela facilitera grandement le dépannage d'un contacteur à membrane qui fuit.

Type et taille de la pompe à vide

- Utiliser le logiciel de dimensionnement ou communiquer avec un représentant de 3M pour estimer la charge de vapeur de la pompe à vide, exprimée en pi^3/min ou m^3/h . La valeur de charge de vapeur et le degré de vide détermineront la taille de la pompe à vide.
- Une pompe à anneau liquide est recommandée. Il existe de nombreuses marques de pompes à anneau liquide. Choisissez celle qui répond à vos besoins et demandez à votre fournisseur un système sous vide complet qui comprend : une pompe à vide, un purgeur de liquide, un clapet antiretour, une soupape de purge, des manovacuomètres et une conduite d'eau étanche séparée.

Sécurité et protection des matériels

Dans les cas rares d'une défaillance majeure de la membrane entraînant une dérivation de l'eau vers la pompe à vide, en mode sous vide ou en mode combiné, il est recommandé d'installer un purgeur de liquide et un manocapteur à vide élevé sur la conduite à vide. Un manocapteur de basse pression avec alarme ou un régulateur de circulation d'eau situé sur la sortie d'eau du contacteur à membrane est recommandé pour empêcher la pompe ou tout autre équipement majeur de fonctionner à sec.

Figure 9. Schéma de tuyauteries et instrumentations de procédés générique pour le fonctionnement en mode de dégazage sous vide assisté par gaz d'entraînement (combiné) avec deux contacteurs à membrane en série : montage vertical (SMC-0113-10-5749)

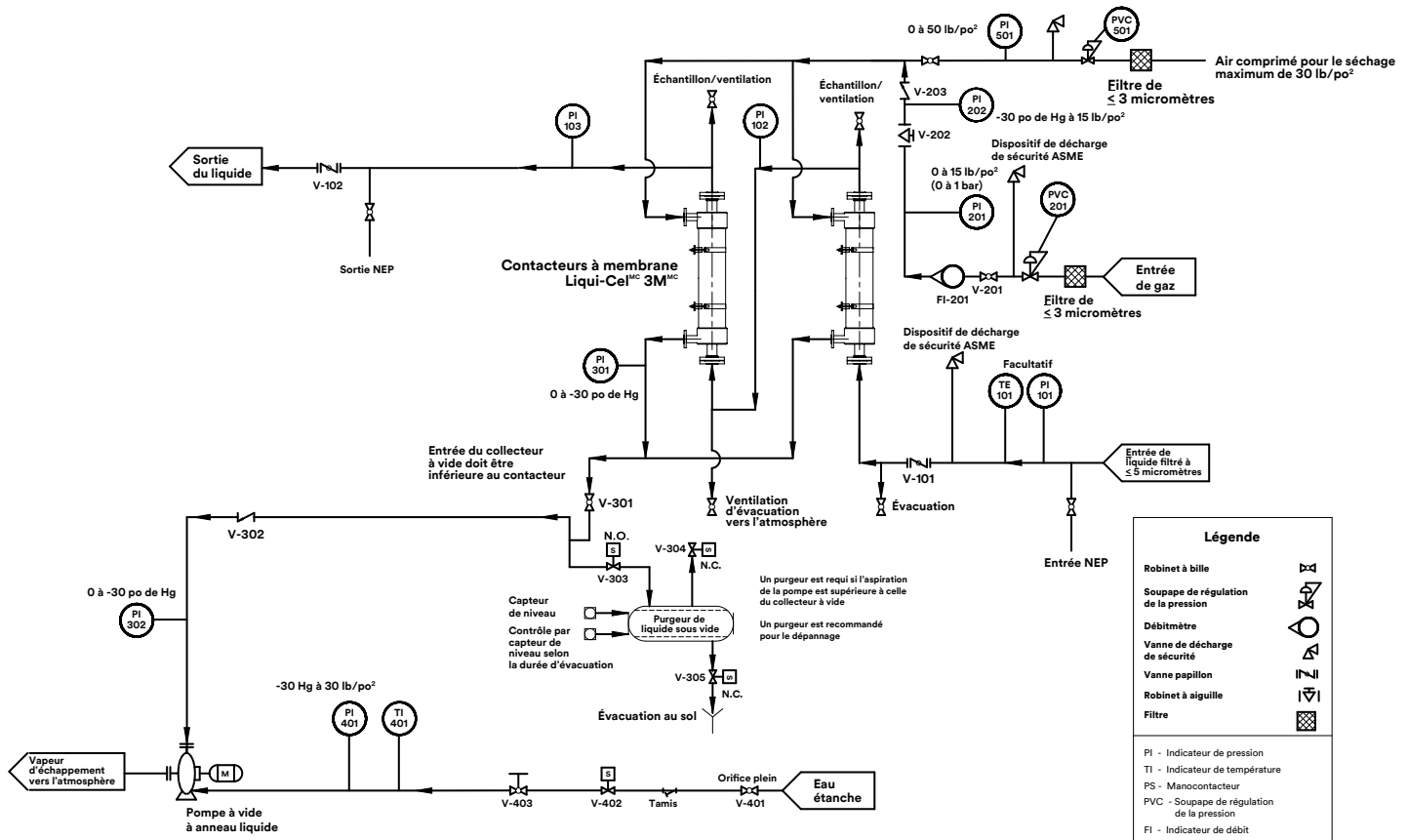


Figure 10. Schéma de tuyauteries et instrumentations de procédés générique pour le fonctionnement en mode de dégazage sous vide assisté par gaz d'entraînement (combiné) avec deux contacteurs à membrane en série : montage horizontal (SMC-0113-10-5750)

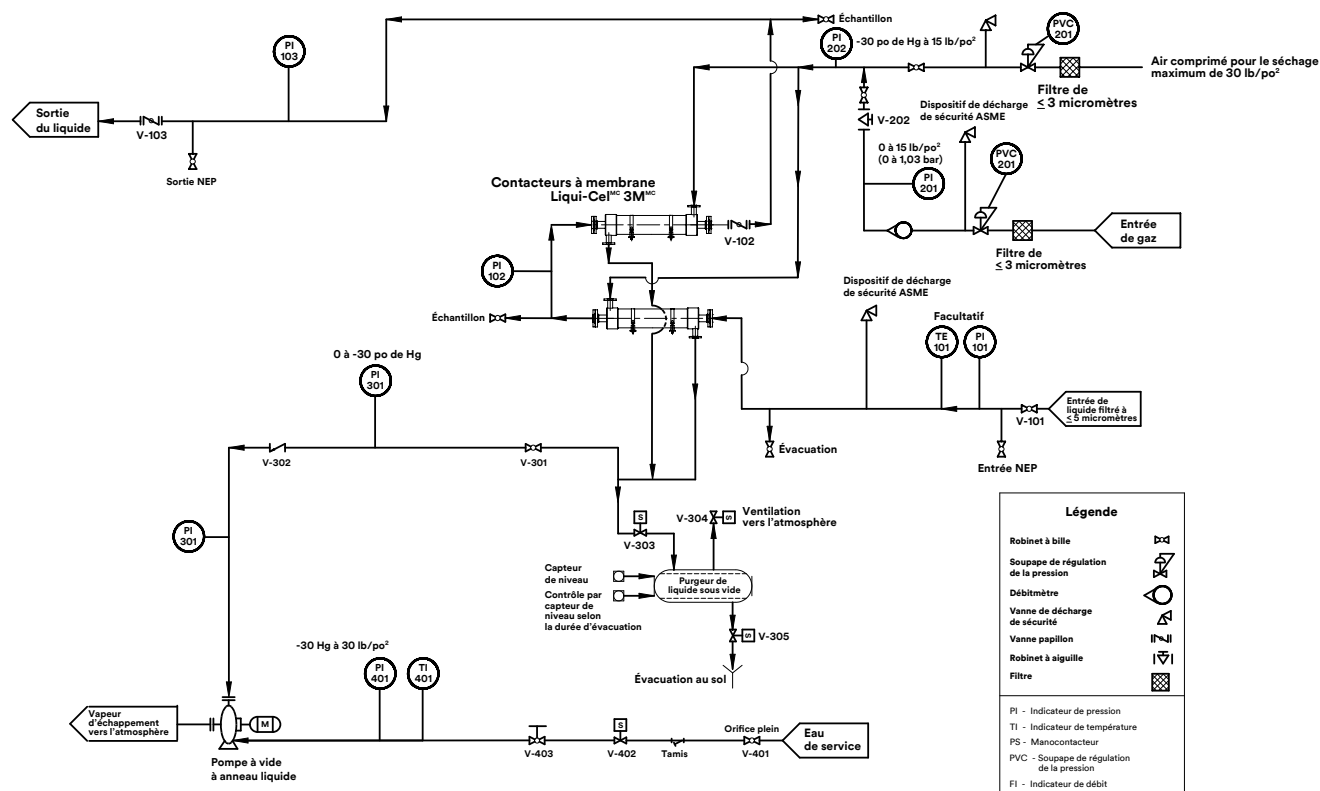


Tableau 5 : Débits d'entraînement à l'air typiques recommandés pour le fonctionnement en mode combiné

Contacteur à membrane Liqui-Cel ^{MC} 3M ^{MC}	Dégazage par entraînement à l'air en mode combiné		Dégazage par gaz d'entraînement N ₂ en mode combiné	
	pi³/min	mn³/h	pi³/min	mn³/h
2.5×8	0,05 à 0,25	0,08 à 0,4	0,02 à 0,1	0,03 à 0,2
4×13	0,2 à 1,0	0,3 à 1,6	0,1 à 0,5	0,16 à 0,8
4×28	0,2 à 2,0	0,3 à 3	0,1 à 1,0	0,16 à 1,6
6×28	0,4 à 2,0	0,7 à 3	0,2 à 1,0	0,3 à 1,6
8×20	0,5 à 5,0	0,8 à 8	0,2 à 1,0	0,3 à 1,6
8×40	1 à 5	1,6 à 8	0,4 à 1,0	0,6 à 1,6
8×80	Non recommandé pour le mode combiné		0,5 à 1,0	0,8 à 1,6
10×28	2 à 10	3,2 à 16	0,4 à 1,0	0,6 à 1,6
14×28	3 à 15	4,7 à 24	0,5 à 1,0	0,8 à 1,6
14×40	Non recommandé pour le mode combiné		0,5 à 1,0	0,8 à 1,6

D. Mode de dégazage par ventilateur en mode aspiration (ventilateur de tirage induit) pour l'élimination du CO₂ : configuration et fonctionnement

L'utilisation d'un ventilateur en mode aspiration pour aspirer l'air atmosphérique à travers le côté lumière du contacteur à membrane constitue une option moins dispendieuse par rapport à l'utilisation d'air comprimé pour l'élimination du dioxyde de carbone. Cependant, il est essentiel que l'échappement du ventilateur soit déchargé loin des orifices d'entrée d'air des contacteurs à membrane pour empêcher le CO₂ dans l'échappement du ventilateur d'être ramené dans le contacteur à membrane. Des niveaux de CO₂ dissous allant de 2 ppm à 5 ppm peuvent être atteints en utilisant la méthode à ventilateur. Pour atteindre des niveaux inférieurs de CO₂ (< 1 ppm), le mode combiné décrit dans la section précédente doit être utilisé.

Côté gaz : instrumentation recommandée pour le fonctionnement en mode dégazage par ventilateur en mode aspiration (consulter les figures 11 et 12) :

- Robinet à aiguille (V-201)
- Débitmètre (FI-201)
- Purgeur de liquide dans la conduite à vide pour protéger le ventilateur du liquide
- Filtre à air, de préférence à cote nominale d'efficacité de filtration de < 3 micromètres

Côté liquide : instrumentation recommandée (figures 11 et 12) :

- Indicateur de pression d'entrée/de sortie
- Vannes d'isolement
- Vannes de boucles d'échantillonnage
- Vannes de purge

Le bon fonctionnement d'un système de dégazage par Contacteurs à membrane Liqui-Cel 3M dépend d'un système bien conçu. Il est important de suivre ces

recommandations lors de la conception d'un système utilisant un ventilateur en mode aspiration :

Tuyauterie

- Éviter les longs segments de tuyauterie et de boucles. Utiliser le moins possible les coudes et autres éléments susceptibles d'entraîner une perte de pression.
 - Protection du ventilateur : la vapeur d'eau sera transportée du côté liquide de la membrane vers le côté gazeux de la membrane. Il est recommandé d'installer un séparateur de liquide transparent avec un vidange entre la sortie de gaz des contacteurs à membrane et l'orifice d'aspiration du ventilateur pour protéger le ventilateur d'une défaillance prématurée causée par la vapeur d'eau se faufilant à l'intérieur du ventilateur.
 - La température d'échappement d'un type de ventilateur régénératif peut brûler une personne ou faire fondre certains tuyaux en plastique. Toujours utiliser des tuyaux d'échappement capables de gérer la température d'échappement.
- ⚠ Pour réduire les risques d'asphyxie (ou tout autre risque pour la santé), d'explosion de gaz ou de contamination environnementale accidentels :
- Veiller à la ventilation adéquate du système et à l'évacuation de tout gaz utilisé dans le fonctionnement du contacteur à membrane, y compris le gaz d'entraînement, à l'évacuation de la pompe à vide ou de l'échappement du ventilateur, conformément à toutes les normes et règlements de construction applicables.

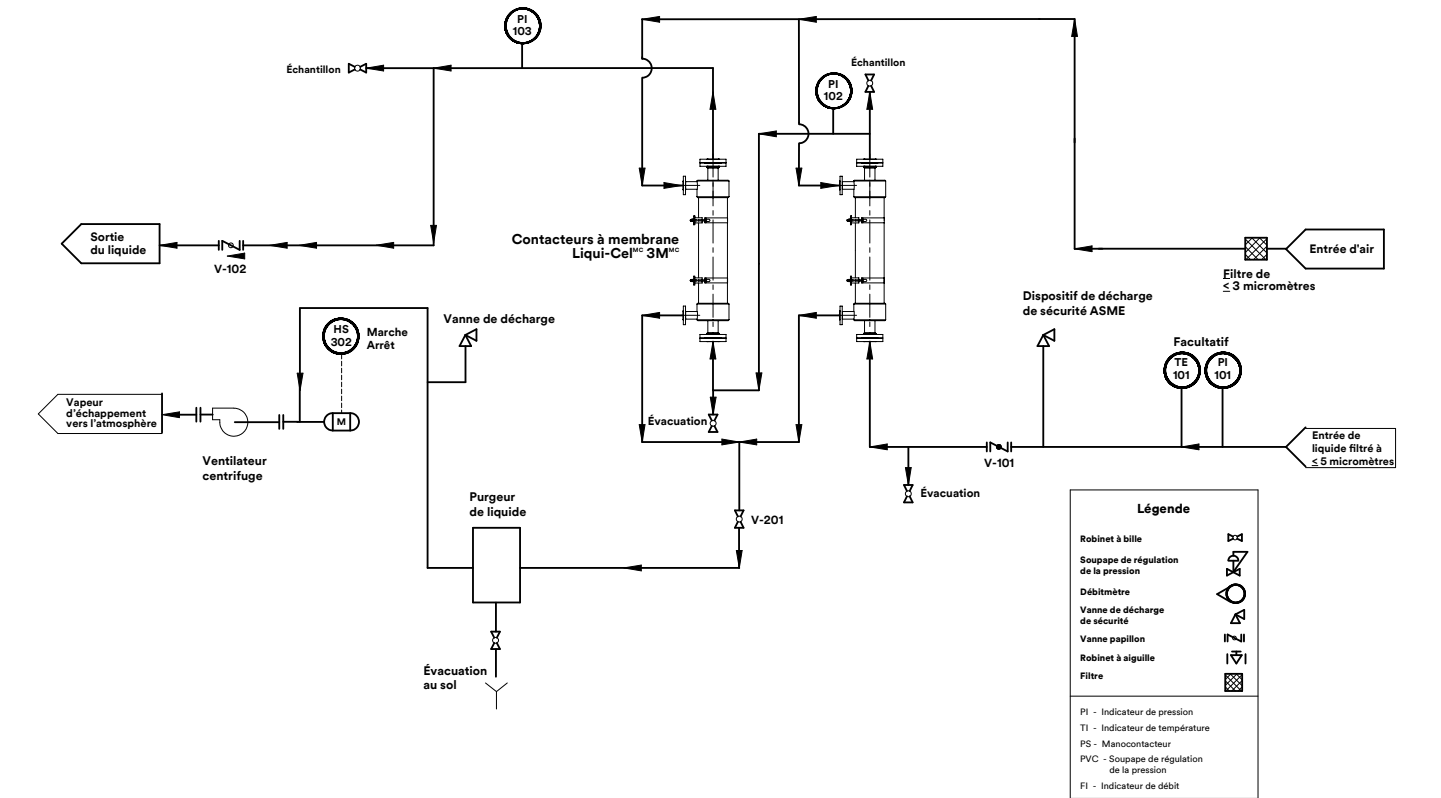
Types et tailles de ventilateurs

- Utiliser le logiciel de dimensionnement ou communiquer avec le représentant de 3M de sa région pour estimer le débit d'entraînement à l'air nécessaire, mesuré en pi³/min ou en m³/h, et la chute de pression d'air dans le contacteur à membrane, mesuré en mb (relative) ou en pouces d'eau de colonne. Ces deux paramètres détermineront la taille du ventilateur.
- Il est recommandé d'utiliser un type de ventilateur régénératif. Il existe de nombreuses marques de ventilateurs. Choisissez celle qui convient le mieux à l'utilisation prévue.

Tableau 6 : Plage de débit d'entraînement recommandée pour le fonctionnement en mode de dégazage par ventilateur en mode aspiration

Contacteurs à membrane Liqui-Cel ^{MC} 3M ^{MC}		
	pi³/min	mn³/h
2.5x8	0,25 à 1,5	0,4 à 2,4
4x13	1 à 6	1,6 à 9,5
4x28	1 à 10	1,6 à 15,8
6x28	2 à 12	3,2 à 19
8x20	3 à 18	4,7 à 28,5
8x40	5 à 20	7,9 à 31,7
8x80	Non recommandé pour le mode de dégazage par entraînement à l'air	
10x28	5 à 30	7,9 à 47,5
14x28	10 à 60	15,8 à 95
14x40	Non recommandé pour le mode de dégazage par entraînement à l'air	

Figure 11. Schéma de tuyauteries et instrumentations de procédés générique pour l'utilisation du ventilateur pour l'aspiration d'air atmosphérique avec deux contacteurs à membrane en série : montage vertical (SMC-0108-10-7097)



[illegible]

A. Configurations du schéma du débit

Chaque type de Contacteur à membrane Liqui-Cel^{MC} 3M^{MC} a un débit d'eau minimum et maximum recommandé. Pour les débits du système dépassant le débit maximal du contacteur à membrane individuel, il est nécessaire de diviser le débit en chaînes parallèles. Pour déterminer le nombre minimum de chaînes parallèles, il faut diviser le débit d'eau total du système par le débit maximal indiqué dans le tableau 7. Le nombre réel de trains parallèles et de contacteurs à membrane en série est déterminé par le rendement d'évacuation de gaz et la chute de pression du liquide requises.

Tableau 7 : Débits d'eau minimum et maximum recommandés dans les contacteurs individuels

Contacteur à membrane Liqui-Cel ^{IMC} 3M ^{MC}	Débit d'eau par contacteur	
	gallons/min (gpm)	m ³ /h
EXF 2.5×8	0,5 à 3,0	0,1 à 0,7
SP 2.5×8	0,5 à 3,0	0,1 à 0,7
EXF 4×13	2 à 15	0,5 à 3,4
SP 4×13	1 à 15	0,2 à 3,4
EXF 4×28	4 à 30	0,9 à 6,8
SP 4×28	5 à 30	1,1 à 6,8
EXF 6×28	5 à 50	1 à 11
EXF ou IND 8×20	5 à 50	1 à 11
EXF 8×40	25 à 70	5,7 à 15,9
EXF 8×80	25 à 70	5,7 à 15,9
EXF 10×28	44 à 250	10 à 57
IND 10×28	44 à 210	10 à 48
EXF 14×28	70 à 400	16 à 91
EXF 14×40	70 à 550	16 à 125

Après avoir calculé le nombre minimal de chaînes parallèles, des contacteurs à membrane supplémentaires peuvent être ajoutés en série pour atteindre la concentration de gaz dissous souhaitée à la sortie du système. Le nombre de contacteurs à membrane en série dépend de la sortie de gaz requise et de la chute de pression maximale autorisée du système précisée par le client. En général, le nombre maximum de contacteurs à membrane en série est de cinq. Le rendement est également amélioré par des débits d'eau plus faibles. Si la chute de pression d'eau maximale autorisée du système est atteinte, il est également possible d'ajouter des chaînes parallèles supplémentaires de contacteurs à membrane pour réduire la chute de pression des sorties et entrées de gaz.

Configuration du débit du courant liquide

Les lignes directrices suivantes concernent la conception des conduites de traitement d'eau pour un système de Contacteurs à membrane Liqui-Cel 3M de Série EXF. Ces lignes directrices tiennent compte de l'orientation du contacteur à membrane. Bien que les liquides circulent généralement du côté coquille du contacteur, certaines utilisations utilisent un courant liquide du côté lumière.

B. Montage vertical ou horizontal

- Si la pression de l'eau entrant dans le système de Contacteur à membrane Liqui-Cel 3M est supérieure à la pression de fonctionnement maximale, il est vivement recommandé d'utiliser un manodétendeur. Pour connaître les pressions nominales maximales et la température de fonctionnement maximale, se reporter à la fiche technique appropriée ou à la section IV C ci-dessous.
- Pour éviter tout dommage provoqué par les coups de bélier, toujours utiliser des vannes à fermeture lente sur le côté en aval du système de contacteur à membrane.
- Les évacuations de point bas côté eau, les indicateurs de pression et les indicateurs de température doivent être inclus dans la conception.
- Le débit gazeux doit être contre-courant au débit liquide pour tous les contacteurs à membrane du système. Si ce n'est pas le cas, l'efficacité du dégazage sera réduite.
- Les contacteurs à membrane ne peuvent fonctionner lorsque la température de l'air est inférieure au point de congélation que si l'eau circule du côté coquille. Pendant les arrêts, les contacteurs à membrane doivent être protégés contre le gel. Les options de protection incluent placer du système dans un environnement chauffé ou l'utilisation d'un réchauffeur de conduites électrique.
- Si un système humide (après purge) est transporté par fret aérien ou par camion par temps de gel, il est nécessaire de sécher les contacteurs à membrane avant l'expédition. Se reporter aux Lignes directrices relatives au nettoyage et à l'entreposage des Contacteurs à membrane Liqui-Cel 3M.

Montage vertical :

- L'orientation de montage préférée est verticale.
- Le montage vertical est vivement recommandé, si les contacteurs à membrane ne seront pas utilisés continuellement.
- L'orifice de gaz inférieur doit être situé plus haut que l'orifice d'aspiration de la pompe à vide. Cela permettra de purger librement l'eau condensée vers la pompe à vide (figures 13 et 14). Si le collecteur à vide ne peut pas être incliné continuellement, il convient d'installer un purgeur de liquide à vide au point le plus bas.

Figure 13 : Montage vertical – mode vide

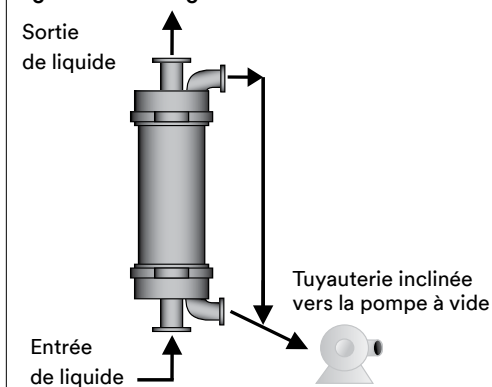
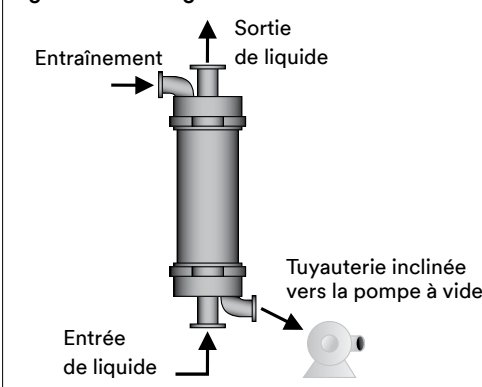


Figure 14 : Montage vertical – mode combiné



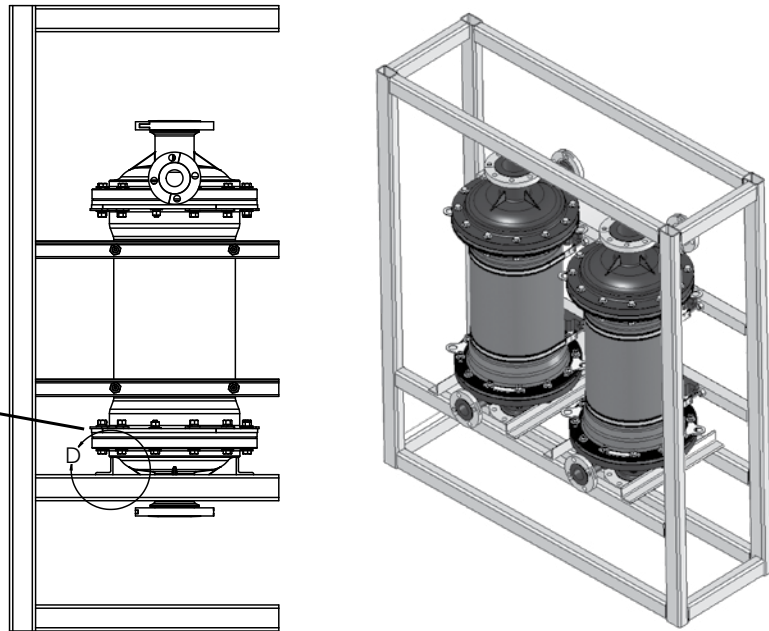
Renseignements supplémentaires pour le montage vertical des contacteurs à membrane 14×28 et 14×40

Il est recommandé d'utiliser les trousses de montage 3M et un support de barre d'acier supplémentaire sous les contacteurs à membrane pour supporter adéquatement le poids total des Contacteurs à membrane 14×28 et 14×40. Ne pas placer la charge du contacteur à membrane sur la bride de boulon utilisée pour fixer les capuchons de protection des extrémités sur le boîtier. De même, ne pas placer la charge du contacteur à membrane sur les matériaux de tuyauterie. Se référer aux plans de montage des cales verticales pour les modèles 14×28 et 14×40 sur le site Web 3M.ca/Liqui-Cel-fr. Ces dessins fourniront des renseignements plus précis. La figure 15 ci-dessous présente une vue de base du support métallique situé sous les capuchons d'extrémité inférieurs.

Figure 15 : Supports pour contacteurs à membrane 14×28 et 14×40 lorsqu'ils sont montés verticalement

Ne pas utiliser la bride de boulon qui relie le capuchon d'extrémité au réservoir comme support.

Utiliser une barre de support métallique sous le rebord du capuchon d'extrémité du contacteur (fourni par le client).



Montage horizontal :

- Le montage horizontal peut être utilisé, si les contacteurs à membrane ne seront pas utilisés continuellement.
- Pour un fonctionnement sous vide uniquement, les orifices de gaz doivent être orientés vers le bas et situés plus haut que l'orifice d'entrée de la pompe à vide. Consulter la figure 16.
- Le montage horizontal en mode de dégazage par gaz d'entraînement ou en mode de dégazage sous vide assisté par gaz d'entraînement (combiné), tel qu'illustré à la figure 17, avec des orifices de gaz pivotés de 180 degrés, peut être utilisé pour les contacteurs à membrane de grande taille afin de faciliter l'installation et le remplacement. Pour les contacteurs à membrane plus petits ou les débits d'eau plus faibles, il est recommandé de procéder à un montage vertical, la circulation du liquide se faisant vers le haut et celle du gaz vers le bas. Le montage vertical facilite l'évacuation des fibres par gravité et contribue à réduire l'accumulation de liquide au côté lumière. La recommandation pour le montage vertical est particulièrement importante si le débit de gaz d'entraînement est faible.

Figure 16 : Montage horizontal - mode vide

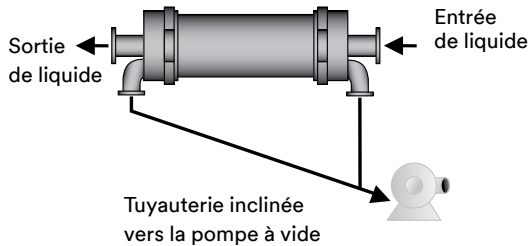
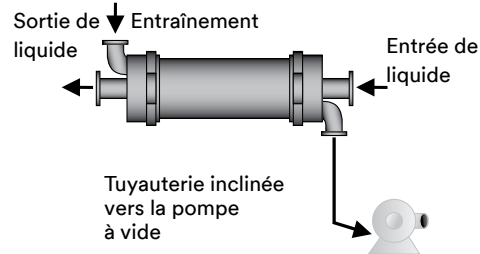


Figure 17 : Montage horizontal - mode combiné



- Pour le fonctionnement en mode de dégazage combiné ou par gaz d'entraînement, les orifices de gaz doivent être orientés à 180° l'un par rapport à l'autre et le côté sous vide ou la sortie de gaz doit être orienté vers le bas. La sortie de l'orifice de gaz doit être plus haute que l'orifice d'entrée de la pompe à vide pour faciliter l'évacuation de l'eau vers la pompe à vide. Si le collecteur à vide ne peut pas être incliné continuellement, il convient d'installer un purgeur de liquide à vide au point le plus bas. Consulter la figure 17.

Remarques importantes :

Pour les Contacteurs à membrane de Série EXF-8×80 uniquement : il est recommandé que les deux extrémités du contacteur à membrane soient accessibles pour permettre le remplacement de la cartouche.

C. Lignes directrices relatives à la température et la pression de service maximales

Pour obtenir la dernière fiche technique, veuillez communiquer avec nous : [par courriel à l'adresse 3MCanadaSPSD@mmm.com](mailto:3MCanadaSPSD@mmm.com) ou [par téléphone en composant le 1 800 364-3577](tel:18003643577)

D. Poids des contacteurs à membrane pour la fabrication du système

Pour obtenir la dernière fiche technique, veuillez communiquer avec nous : [par courriel à l'adresse 3MCanadaSPSD@mmm.com](mailto:3MCanadaSPSD@mmm.com) ou [par téléphone en composant le 1 800 364-3577](tel:18003643577)

E. Exigences en matière de filtration

Les courants de liquide et de gaz d'entrée doivent être préfiltrés. Puisque le régime de filtration dépend de la source d'eau, une analyse complète de la qualité de l'eau devrait être effectuée. Il convient de tenir compte des changements relatifs à la qualité de l'eau, tels que les variations saisonnières. Le régime de filtration et de prétraitement optimal dépendra de plusieurs variables, notamment la source d'eau, les conditions de fonctionnement, les matières biologiques, les matières organiques, les matières dissoutes totales (MDT) et d'autres facteurs. Un petit système pilote de filtration peut révéler des renseignements très utiles pour la conception du système de préfiltration final. 3M produit une gamme complète de produits de filtration. Communiquez avec le représentant de 3M de votre région pour obtenir de plus amples renseignements.

Le tableau 8 fournit les lignes directrices relatives au niveau de filtration minimale recommandée pour éviter tout risque d'encrassement et d'obstruction des membranes par des particules qui créeraient une forte chute de pression dans les contacteurs à membrane et limiteraient le débit dans le système de contacteurs à membrane. En outre, certains composés dissous présents dans l'eau de puits, l'eau de surface et l'eau de ville passent par le préfiltre et sont susceptibles de se déposer à la surface de la membrane. En particulier, l'agglomération ou la précipitation de certains composés dissous pourrait se produire avec les changements de pH. Pour éviter l'obstruction ou la précipitation, il est recommandé d'utiliser au minimum un adoucisseur d'eau ou un échangeur cationique suivi d'un préfiltre de 5 µm absolu. La possibilité d'un changement de pH causé par l'élimination ou l'ajout de certains gaz, tels que le CO₂, peut soit aider à prévenir l'encrassement de la surface de la membrane, soit provoquer son entartrage. Votre spécialiste du traitement de l'eau pourra répondre à ces questions.

Tableau 8 : Lignes directrices relatives à la qualité des gaz d'entraînement et des entrées d'eau

Préfiltre d'entrée de gaz d'entraînement (côté lumière) doit être exempt d'huile et d'aérosols	Valeur nominale absolue de 0,2 µm pour les utilisations haute pureté; valeur nominale absolue entre 1 µm et 3 µm pour les utilisations industrielles			
Indicateur de qualité de l'eau d'entrée (côté coquille)	Unités	Niveau recommandé	Prévention/Contrôle	Nettoyage de la membrane
Turbidité	UTN	< 0,5	floculation/ ultrafiltration/nanofiltration/ osmose inverse	aucun traitement
Colloïdes	Indice de densité des boues	< 3	floculation/ ultrafiltration/nanofiltration/ osmose inverse	aucun traitement
Matières en suspension totales	ppm (mg/l)	< 5 mg/L	floculation/ ultrafiltration/nanofiltration/ osmose inverse	aucun traitement
Taille de particule	micromètre, valeur nominale absolue [1]	≤ 5 pour les particules types < 1 en aval des lits de carbone	préfiltration	lavage à contre-courant (non destiné aux particules fines de noir de carbone)
Carbone organique dissous	ppm	< 5	ultrafiltration/osmose inverse	caustique (température chaude)
Huile en suspension	ppm	≤ 10	filtration	caustique (température chaude)
pH	unités	entre 0,5 et 14		-
Silice colloïdale	ppm	< 10	agents anticalcaires	caustique (température chaude)
Surfactants	ppm	0		nettoyage avec solution à 50 % d'eau et 50 % d'alcool, avec séchage
Dureté totale [2]/indice de saturation de Langelier	ppm/indice de saturation de Langelier	10 ppm ≤ 0 indice de saturation de Langelier	adoucisseur/agent anticalcaire	nettoyage par agent de lavage à base d'acide

[1] Ne pas utiliser de filtres nominaux, mais seulement des filtres absolus. Efficacité d'élimination des particules recommandée de 99,9 % (bêta 1 000).

[2] La valeur de dureté totale et l'indice de saturation de Langelier sont nécessaires pour prédire si l'eau est susceptible de provoquer un entartrage. La valeur de dureté totale seule n'est pas suffisante.

F. Encrassement et entartrage de la membrane

Lorsqu'un système de Contacteurs à membrane Liqui-Cel^{MC} 3M^{MC} est utilisé pour éliminer le CO₂ d'un courant d'eau, il convient de surveiller les changements de pH dans l'eau. L'eau peut contenir des espèces qui sont solubles dans l'eau dans des plages de pH acides mais insolubles dans des plages de pH alcalins. Si le pH de l'eau augmente au fur et à mesure que l'eau traverse le contacteur à membrane (cela se produit lorsque le CO₂ dissous est éliminé de l'eau), les espèces insolubles peuvent se précipiter sur la surface de la membrane. La précipitation des matières solides peut également se produire lorsque l'eau est traitée avec des produits chimiques de floculation suivis d'un changement de pH. Par exemple, l'alun (sulfate d'aluminium) est souvent utilisé pour éliminer les matières en suspension dans l'eau. L'élimination se fait par coagulation, floculation et précipitation dans le réservoir du clarificateur d'eau. La précipitation se produit sous forme d'hydroxyde d'aluminium polymérique dans certaines plages de pH. Lorsque le CO₂ est évacué de l'eau d'alimentation, un changement de pH peut suffire à précipiter un excès d'hydroxyde d'aluminium ou d'autres composés à la surface de la membrane. La couche mince ou les dépôts empêcheront l'échange gazeux normal à travers la membrane et l'efficacité d'élimination du contacteur à membrane chutera. Ce processus est réversible en nettoyant le contacteur à membrane avec une solution acide telle qu'une solution d'acide orthophosphorique à 3 % p/p (se reporter aux Lignes directrices relatives au nettoyage et à l'entreposage des Contacteurs à membrane Liqui-Cel 3M). La solution acide peut dissoudre les précipités à la surface de la membrane et rétablir le rendement du dégazage du contacteur aux spécifications du fabricant d'équipement d'origine.

Lorsque les contacteurs sont installés en aval des lits de carbone, un filtre absolu à efficacité de filtration de 1 micromètre doit être installé et les lits de carbone doivent être chassés afin de les purger après le remplacement du carbone, jusqu'à ce que toutes les particules fines de carbone soient éliminées. Il convient également d'être prudent lors de la chasse à contre-courant des lits de carbone situés en aval des contacteurs à membrane. Une filtration doit être ajoutée afin de maintenir les contacteurs exempts de particules de carbone, qui peuvent être difficiles ou impossibles à nettoyer.

Lorsque des contacteurs à membrane sont installés en amont des membrane à osmose inverse (OI), un cycle de nettoyage est également recommandé afin d'éviter tout encrassement. Se reporter aux Lignes directrices relatives au nettoyage et à l'entreposage des Contacteurs à membrane Liqui-Cel 3M disponibles en ligne sur le site Web 3M.ca/Liqui-Cel-fr ou auprès du représentant de 3M de votre région.

VI. Procédures relatives au démarrage, à l'arrêt et au temps d'arrêt

A. Directives de démarrage générales pour la phase du liquide

Remarque : L'orifice de gaz/vide ne doit pas être fermé pendant le fonctionnement. Ces orifices offrent un événement de sûreté dans les contacteurs à membrane pour éviter l'accumulation de la pression.

1. Introduire lentement de l'eau dans le système, en veillant à ce que la pression d'entrée d'eau et le débit d'eau traversant le contacteur à membrane ne dépassent jamais les limites de fonctionnement maximales.
2. Régler le débit de liquide et la pression d'entrée aux niveaux désirés en ajustant les vannes appropriées du système.

B. Directives de démarrage pour les phases à gaz d'entraînement et sous vide

Remarque : Le vide doit toujours être tiré depuis l'orifice de gaz le plus bas pour faciliter la purge et garantir le rendement.

Mode de dégazage par gaz d'entraînement seulement

Pour faire fonctionner le système, suivre ces étapes en se reportant aux figures 5 ou 6.

1. Remplir d'eau le côté coquille en fermant la vanne V102 et en ouvrant la vanne V101.
2. Régler la pression initiale du gaz d'entraînement jusqu'à 1 barg (15 lb/po²) en réglant le PCV-201.
Remarque : La pression du liquide doit toujours être supérieure à la pression du gaz à l'intérieur du contacteur à membrane, mais inférieure à la pression maximale admissible du récipient (voir la section IV C). Si la pression du gaz est supérieure à la pression du liquide, le gaz passera dans le côté liquide. Cela peut se produire lorsque le courant de liquide s'arrête et que sa pression chute sous celle du gaz.
3. Régler le débit de gaz d'entraînement total recommandé (indiqué dans le tableau 4 en réglant la vanne V-201 et la valeur indiquée sur le débitmètre FI-201. Si le débit du gaz d'entraînement est trop faible, augmenter lentement la pression à l'aide du manodétendeur pour gaz. Augmenter la pression du gaz d'entraînement jusqu'à la pression la plus basse pour obtenir le débit de gaz d'entraînement nécessaire. Se reporter aux directives sur la correction du débit du fabricant lorsqu'une pression d'entrée de gaz > 0 bar (0 lb/po²) est utilisée.
4. Ouvrir lentement la vanne de sortie d'eau, V102.

En cas d'utilisation d'air sec comprimé, veiller à ce que celui-ci soit exempt d'huile. Il est vivement recommandé d'utiliser un filtre de 0,2 micromètre pour les utilisations haute pureté. Un filtre à cote nominale d'efficacité de filtration de 1 à 3 micromètres est suffisant pour les utilisations industrielles.

Si des gaz comprimés ou de l'air comprimé exempt d'huile ne sont pas disponibles pour l'élimination du CO₂, un ventilateur peut être utilisé en mode aspiration pour créer un débit d'entraînement à l'air dans le contacteur à membrane. 3M peut calculer la chute de pression du côté gaz. Utiliser ces renseignements pour choisir la taille du ventilateur.

Remarque : Si de la condensation de vapeur d'eau se produit du côté gaz lors d'un arrêt du système, il est recommandé de purger le côté gaz avec du gaz d'entraînement ou de l'air à haut débit pendant environ 5 à 30 minutes pendant le redémarrage du système. Pendant cette purge, les orifices d'entrée et de sortie d'eau doivent être fermés pour empêcher le gaz de purge de s'échapper par les orifices d'entrée et de sortie de liquide. La purge permet d'éliminer tout le liquide condensé du côté lumière et permet au système d'atteindre le rendement attendu.

Mode de dégazage sous vide seulement

Pour faire fonctionner le système, suivre ces étapes en se reportant aux figures 7 ou 8. Consulter les directives d'utilisation du fabricant de la pompe à vide pour tout renseignement sur le démarrage.

1. Ouvrir la vanne du collecteur à vide, V-301.
2. Remplir d'eau le côté coquille en fermant la vanne V104 (V102, figure 8) et en ouvrant la vanne V101.
3. Mettre en marche la pompe à vide.
4. Ouvrir lentement la vanne de sortie d'eau, V104 (V102, figure 8).

Mode de dégazage sous vide assisté par gaz d'entraînement (combiné)

Pour faire fonctionner en mode de dégazage combiné, suivre ces étapes en se reportant aux figures 9 ou 10.

1. Ouvrir la vanne du collecteur à vide, V-301.
2. Remplir d'eau le côté coquille en fermant la vanne V102 et en ouvrant la vanne V101.
3. Mettre en marche la pompe à vide.
4. Régler la pression d'alimentation en gaz d'entraînement jusqu'à 1 barg (15 lb/po²) en réglant le PCV-201. **Utiliser la pression la plus basse pour le débit de gaz d'entraînement souhaité. Se reporter aux directives sur la correction du débit du fabricant lorsqu'une pression d'entrée de gaz supérieure à 0 bar (0 lb/po²) est utilisée.**
5. Régler le débit total de gaz d'entraînement recommandé en réglant la vanne V-201 (V202, figure 10) et la valeur indiquée sur le débitmètre FI-201. Consulter le tableau 5.
6. Ouvrir lentement la vanne de sortie d'eau, V102 (V103, figure 10).

Consulter les lignes directrices relatives au gaz d'entraînement pour les plages de débit de gaz d'entraînement typiques indiquées dans le tableau 5.

Remarque : Si de la condensation de vapeur d'eau se produit du côté gaz pendant une période d'arrêt, il est recommandé de suivre la même procédure de purge que celle décrite dans la section ci-dessus.

Ventilateur en mode aspiration utilisant de l'air atmosphérique comme gaz d'entraînement pour l'élimination du CO₂

Pour faire fonctionner le ventilateur en mode aspiration, suivre ces étapes en se reportant aux figures 11 ou 12.

1. Remplir d'eau le côté coquille en fermant la vanne V102 et en ouvrant la vanne V101.
2. Mettre en marche le ventilateur.
3. Vérifier le débit d'air (FI-201) conformément au tableau 6.
4. Ouvrir la vanne de sortie d'eau, V102.

C. Procédure d'arrêt

1. Fermer la vanne d'entrée de gaz (le cas échéant).
2. Arrêter la pompe à vide ou le ventilateur (le cas échéant).
3. Fermer d'abord lentement les vannes d'entrée d'eau, laisser le côté coquille se dépressuriser, puis fermer les vannes de sortie d'eau. Si possible, purger tout le liquide du contacteur à membrane après l'arrêt. Ouvrir la vanne du collecteur à vide pour faciliter la purge. Si le système est en mode veille pendant plus de 3 jours, se reporter à la section E des Lignes directrices relatives au temps d'arrêt, indiquées ci-dessous.

D. Démarrage après un arrêt

Le démarrage est décrit dans les sections précédentes.

Remarque : Lorsque le démarrage a lieu après une période d'arrêt, il est possible que de l'eau se soit condensée à l'intérieur des fibres creuses et qu'elle doit être purgée pendant le démarrage normal. Il peut s'écouler plusieurs minutes avant que les niveaux de sortie d'oxygène ne reviennent à leur niveau d'avant l'arrêt.

Si les niveaux d'oxygène ne reviennent pas aux niveaux précédant l'arrêt, procéder comme suit :

Connecter de l'air comprimé exempt d'huile, filtré à 3 µm, du N₂ ou du CO₂ à la vanne d'évent et y appliquer une pression inférieure à 2 bar (30 lb/po²) pour chasser toute vapeur d'eau qui aurait pu se condenser à l'intérieur des lumières de la fibre pendant la période de veille. Maintenir le débit de gaz pendant 10 minutes. Se reporter aux figures 9 et 10 pour obtenir des renseignements sur le séchage des conduites pour le mode combiné. Pour le mode de dégazage sous vide seulement, faire fonctionner la pompe à vide pendant 15 minutes sans eau. Si les niveaux d'oxygène sont toujours élevés, utiliser de l'air comprimé pour évacuer les condensats des lumières en fibres. Pour le mode de dégazage par gaz d'entraînement, augmenter la pression du gaz d'entrée à un niveau inférieur à 2 bar et faire fonctionner pendant 15 minutes pour évacuer les condensats des lumières en fibres.

E. Lignes directrices relatives au temps d'arrêt

Le niveau initial de matières microbiologiques dans l'eau d'alimentation déterminera comment manipuler les contacteurs à membrane pendant les temps d'arrêt dépassant 3 jours. S'il y a peu de matières microbiologiques, comme dans le cas de l'eau d'osmose inverse (OI), la démarche diffère de celle utilisée pour l'eau de puits brute filtrée. La température ambiante de l'air ou de l'eau déterminera également quel protocole doit être utilisé. Si les contacteurs à membrane sont mis en service et que le système est mis en veille ou arrêté pendant un certain temps, suivre ces étapes pour minimiser la croissance microbiologique. Dans tous les cas, les contacteurs à membrane doivent être entreposés à une température supérieure au point de congélation.

Comme il existe quatre méthodes possibles, il est important de savoir à l'avance si le système fonctionnera de manière intermittente. Il est vivement recommandé de concevoir le système en tenant compte de son fonctionnement intermittent.

1. La circulation du courant d'eau.
2. La pressurisation par gaz inerte (la plus simple, nécessite une vanne supplémentaire dans le collecteur à vide ou une vanne de sortie en mode de dégazage par gaz d'entraînement seulement).
3. Une solution biocide (produit chimique supplémentaire, réservoirs et pompes nécessaires).
4. Séchage : le plus difficile à faire sur le terrain étant donné que des ventilateurs et de grands volumes d'air chaud et sec sont nécessaires. Non recommandé pour les grands systèmes installés dépassant la taille d'une cale à l'échelle d'un laboratoire. Se reporter aux Lignes directrices relatives au nettoyage et à l'entreposage des Contacteurs à membrane Liqui-Cel^{MC} 3M^{MC} pour des directives en matière de séchage des contacteurs à membrane individuels retirés d'un système.

Mode de fonctionnement	Temps d'arrêt à court terme (< 3 jours)	Arrêt à long terme (> 3 jours)
Mode de dégazage sous vide assisté par gaz d'entraînement (combiné)	débit réduit au côté eau avec légère purge de gaz côté lumière, pompe à vide désactivée	pressurisation par gaz inerte ou conservation chimique
Mode de dégazage par gaz d'entraînement seulement	débit réduit côté eau avec légère purge de gaz côté lumière	pressurisation par gaz inerte ou conservation chimique
Mode de dégazage sous vide seulement	débit réduit côté eau, pompe à vide désactivée	conservation chimique ou gaz inerte, si possible
Mode de dégazage par ventilateur en mode aspiration	débit réduit côté eau, ventilateur désactivé	conservation chimique ou gaz inerte, si possible

Une étape prudente serait de permettre au gaz d'entraînement de circuler à un faible débit pour évacuer les condensats d'eau dans les lumières en fibres creuses. Il convient de se rappeler qu'une fois la pompe à vide arrêtée, de l'air peut s'échapper du clapet antiretour du collecteur à vide et entrer en contact avec les lumières chargées d'humidité, augmentant ainsi la probabilité d'une croissance biologique dans le côté gaz. En cas d'arrêts fréquents, par exemple tous les fins de semaine, il convient de maintenir le courant de gaz d'entraînement inerte à un débit réduit ou d'entreposer dans du gaz inerte.

*L'installation d'une soupape d'arrêt dans le collecteur à vide permet de conserver les membranes à l'aide d'une pressurisation de gaz inerte ou d'une solution chimique pendant l'arrêt.
Installer des vannes de purge entre les contacteurs à membrane montés verticalement.*

Arrêt de moins de 3 jours

Si le système est arrêté pendant de courtes périodes, généralement pendant la nuit ou la fin de semaine, les contacteurs doivent être dépressurisés et le débit d'eau doit être arrêté, bien que les contacteurs puissent rester remplis d'eau. Le débit de gaz ou de vide doit être maintenu pendant la période d'arrêt. S'il n'est pas possible de faire circuler le courant de gaz ou le courant sous vide, fermer toutes les vannes pendant la période d'arrêt.

Arrêt de plus de 3 jours

Si le système doit être arrêté pendant plus de 3 jours et si les contacteurs ne peuvent pas être complètement séchés, il convient de les entreposer dans un gaz inerte ou un liquide de conservation.

Pressurisation de gaz inerte

- a) Arrêter le débit d'eau, purger le côté eau si l'eau contient des éléments nutritifs. Si l'eau est de qualité OI, il n'est pas nécessaire de purger le système.
- b) Arrêter la pompe à vide (pour le mode sous vide combiné) et fermer la vanne d'entrée de gaz (les deux modes).
- c) Régler la pression du gaz inerte à 0,5 barg (7 lb/po²).
- d) Fermer la vanne de sortie de gaz (collecteur à vide ou sortie de gaz d'entraînement).
- e) Ouvrir la vanne d'entrée au côté gaz et régler la pression à 0,5 barg (7 lb/po²).
- f) Pour recommencer l'exploitation, suivre le guide de démarrage normal.

Méthode de liquide de conservation chimique

Procédure de conservation chimique

- a) Arrêter le débit d'eau, purger le côté eau si l'eau contient des éléments nutritifs. Si l'eau est de qualité OI, il n'est pas nécessaire de purger le système.
- b) Arrêter le ventilateur ou la pompe à vide.
- c) Purger le système (si nécessaire) avec de l'eau propre filtrée (filtre absolu de < 5 µm, à 99,9 %), déionisée ou d'osmose inverse (OI).
- d) Des solutions caustiques diluées (à pH entre 11,5 et 13) de NaOH ou KOH peuvent être utilisées pour empêcher la croissance biologique. Il est également possible d'utiliser du métabisulfite de sodium non catalysé d'une teneur approximative de 1 % en poids. Surveiller et maintenir périodiquement le pH de la concentration de la solution.
- e) Remplir le système au côté coquille et au côté lumière avec la solution chimique.
- f) Fermer les vannes du côté coquille et du côté lumière.
- g) Une fois l'entreposage terminé, purger et rincer avec de l'eau désionisée ou OI (ou eau filtrée à 5 µm absolus).
- h) Pour recommencer l'exploitation, suivre le guide de démarrage normal.

REMARQUE : les utilisations pour boissons peuvent suivre la procédure suivante : Arrêts > 1 jour : purger le système de contacteur puis procéder à une désinfection à l'eau chaude. Laisser plein le liquide après la période d'attente de désinfection (consulter les lignes directrices relatives au nettoyage). Remplir ensuite avec 0,5 bar (7 lb/po²) de gaz inerte (CO₂ ou N₂) du côté lumière. Fermer la vanne d'entrée de gaz et surveiller la pression de gaz.

Préparer la solution en utilisant uniquement de l'eau désionisée ou de l'eau d'osmose inverse (OI), car l'utilisation d'eau dure du robinet risque de provoquer des précipitations et une incrustation de minéraux, ainsi qu'une perte de rendement. Ne pas utiliser de bisulfite catalysé en raison d'une oxydation potentielle de la membrane. Autres biocides non oxydants peuvent être utilisés, tels que l'ammonium quaternaire, le dibromonitrile-propionamide, le glutaraldéhyde et le sulfate d'hydroxyméthyl-phosphonium. Consulter les données du fabricant pour connaître les concentrations suggérées.

VII. Entretien

Il est recommandé d'enregistrer le rendement du système pour les Contacteurs à membrane Liqui-Cel^{MC} 3M^{MC}. L'enregistrement des données est nécessaire pour le dépannage du système. Un journal de données hebdomadaire ou bi-hebdomadaire est donc nécessaire. Le journal sur le rendement devrait indiquer les renseignements critiques comme indiqué dans l'exemple ci-dessous. Il est nécessaire pour valider la conception du système et vérifier que les contacteurs à membrane ont été utilisés conformément à ces lignes directrices.

Tableau 9 : Journal d'entretien type

Date	Utilisateur	Débit d'eau	Températures d'entrées d'eau et de gaz	Degré de vide dans le contacteur	Débit du gaz d'entraînement dans le contacteur	Concentration de gaz d'entrée dissous	Concentration de gaz de sortie dissous

Ce journal indiquera à l'utilisateur un modèle de rendement cohérent ou un déclin du rendement au fil du temps. Si les contacteurs fonctionnent toujours au niveau de rendement optimal indiqué, aucun entretien n'est nécessaire. En cas d'un déclin du rendement, un nettoyage de la membrane ou une purge du côté lumière pourrait s'avérer nécessaire. Se reporter à la section FAQ de ce manuel pour de plus amples renseignements.

VIII. Lignes directrices relatives à la fréquence de remplacement des Contacteurs à membrane Liqui-Cel 3M

La durée utile prévue des Contacteurs à membrane Liqui-Cel 3M varie en fonction de nombreux facteurs. Il est important de noter que la conception des systèmes à membrane peut varier considérablement. La durée utile du contacteur à membrane peut être influencée par la qualité de l'eau, les caractéristiques de rendement du système et les conditions de fonctionnement.

Il convient de séparer la défaillance de la membrane et les problèmes de rendement du système avant de décider quand remplacer les contacteurs à membrane. La conception du système (c.-à-d., le nombre de contacteurs à membrane) est déterminée par l'ingénieur concepteur et dépend du facteur de sécurité utilisé. Ainsi, le nombre de contacteurs nécessaires pour répondre aux exigences de rendement du système peut varier. Par conséquent, le temps de remplacement pour chaque conception de système variera puisque le rendement du système commence à différents endroits. Par exemple, un système conçu avec une capacité excédentaire peut ne pas être aussi sensible à la dégradation en matière de rendement du système par rapport aux systèmes conçus sans capacité supplémentaire.

La durée utile du contacteur à membrane est influencée par la température de l'eau, l'oxydation, l'encrassement de particules et de matières organiques (qualité d'eau) et la fréquence du nettoyage.

Température

Les températures de fonctionnement continuels recommandées pour les Contacteurs à membrane Liqui-Cel 3M varient généralement entre 5 °C et 50 °C (entre 41 °F et 122 °F), mais il convient de se reporter aux fiches techniques pour des précisions sur les contacteurs spécifiques. Les Contacteurs à membrane Liqui-Cel 3M ne doivent pas fonctionner à une température inférieure à 1 °C (34 °F) en raison du risque de gel. Dans certaines utilisations, certains contacteurs à membrane peuvent fonctionner continuellement à des températures allant jusqu'à 60 °C (140 °F). Les contacteurs à membrane dans des boîtiers en acier inoxydable peuvent tolérer des températures plus élevées et peuvent être assainis à l'eau chaude à des températures allant jusqu'à 85 °C (185 °F). Le fonctionnement à des températures plus élevées peut réduire la durée utile du contacteur à membrane. Un contacteur à membrane dans un système fonctionnant à une température de 25 °C (77 °F) peut durer plus longtemps que dans un système fonctionnant à une température de 50 °C (122 °F). Tout dépassement de la température de fonctionnement maximale du contacteur à membrane est susceptible de l'endommager de manière permanente.

Oxydation de la membrane

L'oxydation est un processus complexe qui dépend de la chimie de l'oxydant et de la concentration, de la température et de la concentration de métaux dissous. Les membranes en fibres creuses ont différentes tolérances aux espèces oxydantes, mais la présence d'oxydants peut réduire la durée utile. L'exposition des fibres creuses dans le contacteur à membrane à des espèces oxydantes peut entraîner une dégradation des fibres creuses et/ou modifier les propriétés de la surface des fibres creuses. Ces changements peuvent permettre à l'eau de passer à travers la membrane et, dans des cas extrêmes, peuvent fragiliser la fibre creuse, ce qui peut réduire le rendement du système ou même entraîner une défaillance du contacteur à membrane. La présence d'un matériau dissous, tel que le fer soluble, pourrait accélérer la réaction d'oxydation due à l'action catalytique.

L'exposition à des espèces oxydantes, comme le chlore libre, le rayonnement ultraviolet, le dioxyde de chlore et l'oxygène à haute température dans l'eau d'alimentation, réduira la durée utile. Consulter le tableau 8 : Lignes directrices relatives à la qualité des gaz d'entraînement et des entrées d'eau

Les produits chimiques de nettoyage et la désinfection à l'eau chaude réduisent également la durée utile. Consulter les [Lignes directrices relatives au nettoyage et à l'entreposage des Contacteurs à membrane Liqui-Cel 3M](#).

Pour réduire le risque d'oxydation, il est recommandé de minimiser l'exposition à une température élevée, comme lors de la désinfection à l'eau chaude, ou à une température élevée de l'air. Les produits chimiques utilisés pour les procédés de nettoyage en place (NEP) devraient également être examinés en profondeur pour veiller à ce que les produits chimiques ne contiennent pas d'espèces oxydantes.

Encrassement par les particules

L'eau entrant dans les contacteurs à membrane doit être préfiltrée afin d'éliminer les particules insolubles. L'exigence en matière de préfiltration minimale est de 5 micromètres absolus avec une efficacité d'élimination de 99,9 %. Les particules insolubles peuvent s'accumuler au fil du temps et obstruer les conduites de circulation des liquides à l'intérieur des contacteurs à membrane, augmentant ainsi les chutes de pression. La silice non soluble ou colloïdale peut entraîner une augmentation des chutes de pression. Se reporter aux Lignes directrices relatives à la qualité des gaz d'entraînement et des entrées d'eau.

Encrassement par matières biologiques ou organiques

Un encrassement par matières biologiques à l'intérieur du contacteur à membrane peut se produire si l'eau de pénétration présente des niveaux élevés de demande biologique en oxygène (DBO) et de demande chimique en oxygène (DCO). Un encrassement microbiologique peut également se produire si le système présente de longues périodes d'arrêt et est exposé à l'air par le collecteur à vide.

Les composés organiques peuvent également entraîner un encrassement. Par exemple, les huiles, les polymères ou les protéines dissous dans les boissons ou autres composés naturels matières organiques naturelles (MON).

Fréquence de nettoyage

« À quelle fréquence le nettoyage doit-il être effectué? » est une question fréquemment posée. La réponse est que cela dépend de nombreux facteurs. La qualité de l'eau constitue le principal facteur. Les usines d'eau ultrapure sont exemptes de nettoyage, car la qualité de l'eau ne présente aucun facteur d'encrassement. En revanche, l'eau de puits tend vers l'encrassement en raison de sa forte teneur en minéraux et gaz dissous. L'eau de ville se situe dans la zone intermédiaire où elle est de bonne qualité, mais selon le fonctionnement du système, un nettoyage peut s'avérer nécessaire. Les usines qui ont des arrêts de fin de semaine peuvent laisser l'air entrer dans le système et permettre la biocroissance. C'est pourquoi la fréquence des temps d'arrêt à court terme doit être intégrée au système afin que les étapes de stockage de gaz inerte ou de produits chimiques puissent être intégrées aux opérations.

La fréquence et l'agressivité du nettoyage ont également une incidence sur la durée utile. En général, moins le nettoyage est effectué, plus la durée utile est longue. Un protocole de nettoyage ne peut être conçu qu'une fois que le système est en état de fonctionnement et que le rendement peuvent être suivies au fil du temps. La fréquence de nettoyage permet d'éviter que le rendement du système ne soit hors des spécifications. Le tracé de l'élimination des gaz au fil du temps indique quand un nettoyage doit avoir lieu.

FAQ concernant le remplacement des contacteurs/cartouches

1. Quelle est la procédure à suivre si je constate un déclin du rendement du système?

Comparez les paramètres suivants à la conception originale du système. 3M peut évaluer les conditions de fonctionnement actuelles à l'aide du logiciel de dimensionnement GasCad pour les Contacteurs à membrane Liqui-Cel^{MC} 3M^{MC} en utilisant les conditions actuelles.

Tous ces paramètres doivent être comparés à la conception originale :

- un changement considérable de la température de l'eau maximal de 2 °C inférieur à la température de conception;
- la variation du degré de vide n'est pas supérieure de plus de 20 % à la valeur de conception du système (telle que obtenue du logiciel GasCAD);
- le débit et la pureté de l'azote sont situés au niveau des valeurs de conception;
- le débit d'eau d'alimentation ne dépasse pas la valeur nominale de plus de 10 %.

2. Que puis-je surveiller pour déterminer si un nettoyage ou un remplacement est nécessaire?

Le rendement du dégazage doit être basé sur la surveillance de la concentration de gaz dissous à la sortie de l'ensemble du système de dégazage, et non sur l'efficacité du rendement d'un seul contacteur (%), puisque la conception du système est normalement basée sur la concentration de gaz de sortie (c.-à-d. - ppb). Une réduction de 10 % d'un seul contacteur n'est pas très pertinente car l'efficacité globale du système et celle d'un seul contacteur se comportent très différemment. Une meilleure façon est de considérer comme critère une augmentation de 50 % (p. ex., 10 ppb augmente jusqu'à 15 ppb) de la concentration de gaz dissous à la sortie du système.

3. La chute de pression du côté eau, est-elle un bon indicateur pour le nettoyage ou le remplacement?

3M ne recommande pas la chute de pression comme paramètre principal pour le remplacement car un changement de chute de pression, bien qu'il soit facile à surveiller, ne permet pas de déterminer si le système de dégazage est conforme au rendement du système. Une chute de pression plus élevée dans le système peut ou non influencer le rendement du système. Par conséquent, le réglage d'une spécification de chute de pression du système seule n'est pas utile. Cependant, la chute de pression pour le nettoyage est un paramètre approprié. Se reporter aux [Lignes directrices relatives au nettoyage et à l'entreposage des Contacteurs à membrane Liqui-Cel 3M](#) pour plus de précisions. Les décisions de nettoyage ou de remplacement sont mieux déterminées à partir des niveaux de gaz dissous (1) à la sortie du système et (2) de préférence, de la chute de pression dans le principal (premier) ensemble de contacteurs du système, plutôt que de la chute de pression globale du système.

4. Comment surveiller le taux de fuite d'eau en cas de défaillance de la membrane?

La plage de débit d'écoulement type a été développée en fonction des contacteurs normalement opérationnels. Consulter le tableau 10 dans les [Lignes directrices relatives au nettoyage et à l'entreposage des Contacteurs à membrane Liqui-Cel 3M](#). Même avec des débits d'écoulement supérieurs à la normale, le système peut fonctionner dans les limites des spécifications.

Les recommandations de remplacement doivent être basées sur les changements de rendement en oxygène, de chute de pression et de débit d'eau. Un [débit d'écoulement plus élevé](#) doit être pris en compte lors de la conception du purgeur de liquide dans la conduite à vide (volume de retenue du purgeur de liquide et fréquence de purge du purgeur de liquide).

5. Comment minimiser les effets de l'oxydation?

Reportez-vous à la section III B de ce guide.

6. Comment procéder à la désinfection/au nettoyage en place d'un contacteur?

Reportez-vous au document [Lignes directrices relatives au nettoyage et à l'entreposage des Contacteurs à membrane Liqui-Cel 3M](#), qui est disponible dans la section Ressources de notre site Web [3M.ca/Liqui-Cel-fr](#), ou communiquez avec le représentant de 3M de votre région.

7. Comment vérifier la compatibilité chimique?

Pour obtenir des lignes directrices, communiquez avec le représentant de 3M de votre région.

8. Comment installer une cartouche?

S'applique uniquement aux contacteurs à membrane conçus pour le remplacement des cartouches (uniquement les récipients en PRF haute pression ou en acier inoxydable). Pour une description précise, se reporter aux [Directives de montage et de démontage du Contacteur à membrane Liqui-Cel 3M](#), disponibles dans la section Ressources de notre site Web, [3M.ca/Liqui-Cel-fr](#), ou communiquez avec le représentant de 3M de votre région.

9. Quelles sont les précautions d'utilisation des récipients en plastique et en PRF (plastique renforcé de fibres)?

Afin de maintenir la durée utile du récipient en PRF, le taux de variation de température doit être réduit au minimum. De préférence, les taux de chauffage et de refroidissement ne doivent pas dépasser 2 °C/minute (3,6 °F/minute).

Pour éviter toute défaillance prématurée des raccords en plastique renforcé de fibres doublé de difluorure de polyvinylidène (PVDF), en plastique ABS et en nylon, un alignement précis et un support adéquat de ces raccords sont essentiels. Un tuyau mal soutenu exerce une contrainte supplémentaire sur les raccords en plastique, ce qui peut entraîner une défaillance des raccords. Suivez les lignes directrices appropriées pour le support de tuyau en plastique lors de l'installation de récipients en plastique.

Pour tous les contacteurs dans des boîtiers en plastique (sauf les modèles 8x40 et 8x80), il est recommandé de ne pas utiliser de raccords métalliques.

Un mauvais alignement des raccords ou de la tuyauterie métalliques exerce une contrainte sur les orifices en plastique et peut fissurer les brides des orifices ou déformer les surfaces d'étanchéité.

IX. Entreposage, manipulation et milieu de fonctionnement du Contacteur à membrane Liqui-Cel^{MC} 3M^{MC}

Le contacteur à membrane peut être endommagé par une manipulation et un entreposage inadéquats. Après le nettoyage et le séchage complet des contacteurs, il est possible d'entreposer les contacteurs à membrane avant de les réutiliser. Si le séchage n'est pas achevé, les contacteurs doivent être entreposés avec des agents de conservation. Consulter la section IV, partie E.

Contenant/emballage : les Contacteurs à membrane Liqui-Cel 3M doivent être entreposés dans un endroit sec et dans un sac en plastique scellé ou dans une pellicule thermorétractable pour aider à empêcher l'introduction de contaminants dans le contacteur à membrane.

Température : entreposer les Contacteurs à membrane Liqui-Cel 3M dans un endroit sec à des températures inférieures à 50 °C (122 °F), mais de préférence à des températures plus basses, telles qu'inférieures à 35 °C (95 °F), pour ne pas risquer de réduire leur durée utile. Les contacteurs à membrane doivent toujours être entreposés à des températures supérieures au point de congélation et, s'ils sont entreposés à basse température, ils doivent atteindre la température ambiante avant d'être utilisés.

Exposition à la lumière du soleil : les Contacteurs à membrane Liqui-Cel 3M doivent être entreposés dans leur boîte originale ou dans une autre boîte opaque et ne doivent pas être installés dans un endroit où ils seront exposés à la lumière directe du soleil.

⚠ **Entreposage et manipulation :** veiller à ne pas laisser tomber, heurter, ou percuter le contacteur pour minimiser la possibilité d'endommager le produit.

Utilisez du matériel de levage approprié pour le levage ou le déplacement. Consulter la fiche technique du produit ou le guide d'utilisation pour les poids sur le site Web [3M.ca/Liqui-Cel-fr](#).

⚠ Entrez les contacteurs à membrane en position horizontale. Les contacteurs à membrane de 10 po x 28 po avec boîtiers en acier inoxydable peuvent être emballés dans des boîtes en carton ou des caisses en bois. Les contacteurs à membrane de 14 po x 28 po, 10 po x 28 po avec boîtiers en PRF et ceux de 8 po x 20 po et 6 po x 28 po sont emballés dans des boîtes en carton. Les contacteurs à membrane de 8 po x 40 po et 8 po x 80 po sont emballés individuellement, puis placés sur des palettes. Les contacteurs à membrane doivent être entreposés dans un endroit sécuritaire où ils ne risquent pas de tomber, d'être écrasés ou de subir des chocs. Veillez à ce que le contacteur à membrane et tout système utilisant des contacteurs à membrane soient toujours stables, nivelés et correctement fixés. Veillez à ce que les contacteurs à membrane ou le système ne puissent basculer, rouler, tomber, glisser ni effectuer un quelconque mouvement susceptible de provoquer des blessures, d'endommager l'unité ou d'endommager d'autres composants du système.

X. Dépannage

Diverses descriptions des problèmes de rendement des contacteurs, les causes probables et les actions correctives suggérées sont répertoriées dans le tableau 10.

Tableau 10 : Guide de dépannage pour les Contacteurs à membrane Liqui-Cel^{MC} 3M^{MC}

Description du problème	Cause probable	Mesure corrective
La concentration de gaz dissous à la sortie supérieure aux spécifications ou rendement d'élimination des gaz généralement faible	Une contamination/un encrassement de la membrane.	Nettoyer le contacteur. Se reporter aux Lignes directrices relatives au nettoyage et à l'entreposage des Contacteurs à membrane Liqui-Cel 3M.
	Les protecteurs antipoussière utilisés lors de l'expédition n'ont peut-être pas été retirés.	Vérifier que les bouchons antipoussière, les couvercles et/ou les pellicules thermorétractables d'expédition sont retirés de tous les orifices avant d'installer les contacteurs dans le système.
	Le gaz d'entraînement est contaminé.	Vérifier le niveau de pureté du gaz d'entraînement.
	Le débit de gaz d'entraînement est insuffisant.	Mesurer le débit de gaz d'entraînement dans les contacteurs ou les chaînes individuelles.
	Le débit de gaz d'entraînement est inégal dans les contacteurs individuels.	Mesurer le débit de gaz d'entraînement dans les contacteurs ou les chaînes individuelles. Mesurer le degré de vide dans les chaînes.
	Il y a des fuites d'air dans les conduites à vide ou à gaz d'entraînement.	Serrer les raccords de bride du côté gaz.
		Pressuriser la conduite de gaz et la surveiller pour déceler la présence de fuites.
		Essai au savon : observer la formation de bulles.
		Essai de pression : pressuriser, puis isoler et surveiller la diminution de pression.
		Systèmes électroniques de détection de fuite.
		Faire fonctionner le système et enregistrer les données.
		Arrêter le débit de gaz et faire fonctionner en mode sous vide uniquement. Enregistrer les conditions et les données de sortie.
		Arrêter la pompe à vide, ouvrir le collecteur de dérivation à vide et démarrer le débit de gaz. Enregistrer les conditions et les données de sortie en mode sous vide.
		Communiquer avec le représentant de 3M de votre région.
	Un degré de vide élevé.	Veiller à ce que le système de vide (pompe et collecteur) soit de taille appropriée et que le collecteur à vide soit de taille suffisante pour absorber la charge de gaz du système.
		Vérifier le système pour y déceler les fuites d'air. Si la concentration de gaz de sortie dissous se situe dans les limites de l'estimation de taille, la fuite se trouve probablement dans le collecteur à vide après le contacteur.
		Aspirer un vide sur le contacteur lorsqu'il est rempli d'eau et vérifier qu'il maintient le vide.
		Rechercher une accumulation d'eau dans la conduite à vide.
		La conduite à vide descend-elle du contacteur vers la pompe à vide? Si ce n'est pas le cas, refaire la tuyauterie conformément aux directives ou installer un purgeur de liquide/à vide.
		Débrancher la conduite à vide du contacteur. Si le débit d'écoulement d'eau de l'orifice de la lumière (sans gaz d'entraînement) dépasse la plage normale attendue, communiquez avec un représentant de 3M.
	Il y a de la condensation dans le contacteur ou les conduites à vide.	Si le contacteur est toujours humide alors qu'il n'était pas en marche, il peut y avoir de la condensation d'eau dans la lumière.
		Éliminer les condensats à l'intérieur des fibres à l'aide d'une purge par gaz en suivant la procédure décrite à la section D.
		Rechercher une accumulation d'eau dans la conduite à vide.
		La conduite à vide descend-elle du contacteur vers la pompe à vide? Si ce n'est pas le cas, refaire la tuyauterie ou installer un purgeur de liquide à vide.
	La température du liquide est inférieure à la spécification de conception.	Débrancher la conduite à vide du contacteur. Si le débit d'écoulement d'eau de l'orifice de la lumière (sans gaz d'entraînement) dépasse la plage normale attendue, communiquez avec un représentant de 3M.
		Augmenter la température ou ajouter d'autres contacteurs.
	Le débit de liquide est supérieur à la spécification de conception.	Réduire le débit ou ajouter d'autres contacteurs.
	Un faible débit de gaz d'entraînement.	Augmenter le débit du gaz d'entraînement.
	Le débit de liquide est inégal dans les chaînes de contacteurs.	Vérifier le débit de la chaîne.
		Régler les vannes en conséquence pour égaliser les débits.

Description du problème	Cause probable	Mesure corrective
Une forte chute de pression au côté liquide.	Les protecteurs antipoussière utilisés lors de l'expédition n'ont peut-être pas été retirés.	Vérifier que les cache-poussière/bouchons d'extrémité ont été retirés.
	Une accumulation de particules au côté coquille.	Vérifier le système de filtre.
		Nettoyer les contacteurs ou effectuer une contre-pression. Se reporter aux Lignes directrices relatives au nettoyage et à l'entreposage des Contacteurs à membrane Liqui-Cel 3M.
		Remplacer les contacteurs.
Un passage important de liquide dans le flux de gaz.	Vérifier que l'entrée de liquide est connectée à l'orifice latéral de la coquille.	Modifier les raccords de tuyauterie.
	Les joints toriques du joint central peuvent ne pas être étanches (le cas échéant).	Voir les directives de montage et de démontage du contacteur pour de plus amples détails sur la façon de résoudre ce problème ou contacter un représentant de 3M.
	Les joints toriques du côté coquille du contacteur peuvent ne pas être étanches.	Retirer les joints toriques et poser des joints toriques neufs, le cas échéant. Voir l'Assemblage et le démontage du Contacteur à membrane Liqui-Cel ^{MC} 3M ^{MC} pour plus de détails.
	Vérifier l'intégrité du contacteur.	Pressuriser le côté coquille avec de l'eau à 4,1 barg (60 lb/po ²).
		Surveiller le débit d'eau depuis le(s) orifice(s) du côté gaz ouvert(s).
	Une rupture de membrane (humide). Si des tensioactifs, des huiles et/ou des alcools ont été introduits dans la membrane, il se peut que de l'eau soit présente.	Retirer le liquide et sécher soigneusement la membrane. Consulter les directives de nettoyage et de stockage pour connaître les procédures de séchage. Rincer, nettoyer et sécher le contacteur. Se reporter aux directives de nettoyage et d'entreposage.
Les écrous se grippent lors du serrage.	Les écrous ne doivent pas être entraînés rapidement sur les boulons.	Les écrous doivent être entraînés lentement à la main pour éviter tout grippage. Lubrifier correctement les boulons avant la pose.
	L'utilisation d'outils à entraînement électrique peut produire une friction excessive et augmenter le risque de grippage.	

Renseignements techniques : Les renseignements techniques, conseils et autres énoncés contenus dans le présent document ou fournis par 3M sont fondés sur des dossiers, des essais ou des expériences que 3M juge fiables, mais dont l'exactitude, l'exhaustivité et la nature représentative ne sont pas garanties. Ces renseignements sont destinés à des personnes qui possèdent les connaissances et les compétences techniques requises pour les évaluer et exercer un jugement éclairé à leur égard. Aucune licence d'utilisation de droits de propriété intellectuelle de 3M ou de tiers n'est accordée ou implicite en vertu de ces renseignements.

Sélection et utilisation des produits : De nombreux facteurs indépendants de la volonté de 3M et connus uniquement par l'utilisateur peuvent nuire à l'utilisation et au rendement d'un produit 3M lors d'un usage particulier. Par conséquent, il incombe au client seul d'évaluer le produit et de déterminer s'il convient à l'utilisation prévue, y compris d'effectuer une évaluation des dangers présents dans le lieu de travail et un examen de toutes réglementations et normes applicables (p. ex., OSHA, ANSI, etc.). Le fait de ne pas bien évaluer, sélectionner et utiliser un produit 3M conformément à toutes les directives applicables et avec l'équipement de protection approprié, ou de ne pas respecter toutes les règles de sécurité, peut provoquer des blessures ou des problèmes de santé, entraîner la mort ou causer des dommages à des biens.

Garantie, limite de recours et exonération de responsabilité : À moins qu'une garantie différente ne soit spécifiquement énoncée sur l'emballage ou la documentation applicables du produit 3M (une telle garantie ayant préséance, le cas échéant), 3M garantit que chaque produit 3M est conforme aux spécifications de produits 3M applicables au moment de son expédition. 3M N'OFFRE AUCUNE AUTRE GARANTIE NI AUCUNE AUTRE CONDITION EXPLICITE OU IMPLICITE, Y COMPRIS, MAIS SANS S'Y LIMITER, TOUTE GARANTIE OU CONDITION IMPLICITE DE QUALITÉ MARCHANDE, D'ADÉQUATION À UN USAGE PARTICULIER OU DÉCOULANT DE LA CONDUITE DES AFFAIRES, DES PRATIQUES COURANTES ET DES USAGES DU COMMERCE. Si un produit 3M n'est pas conforme à cette garantie, le seul et unique recours est, au gré de 3M, d'obtenir le remplacement du produit 3M ou le remboursement de son prix d'achat.

Limite de responsabilité : À l'exception de la limite de recours énoncée plus haut, et à moins d'interdiction par la loi, 3M ne saurait être tenue responsable des pertes ou des dommages directs, indirects, spéciaux, fortuits ou conséquents (y compris, mais sans s'y limiter, la perte de profits et d'occasions d'affaires) découlant de l'utilisation du produit 3M ou en lien avec celui-ci, quelle que soit la théorie juridique ou équitable dont on se prévaut, y compris, mais sans s'y limiter, celles de responsabilité contractuelle, de violation de garantie, de négligence ou de responsabilité stricte.

3M, 3M Science. Au service de la Vie. et Liqui-Cel sont des marques de commerce de 3M, utilisées sous licence au Canada.

© 2023, 3M. Tous droits réservés. Toutes les autres marques de commerce appartiennent à leurs propriétaires respectifs. 2212-25354c F



Division des sciences de la séparation et de la purification 3M
3M Canada
300, rue Tartan
London (Ontario) N5V 4M9
Canada
1 800 443-1661

LC-1156
3M.ca/Liqui-Cel-fr