



# Avantages et restrictions des systèmes de traçage à fluide caloporteur, électrique et vapeur

Page 1 sur 14

INFORMATIONS SUR LES PRODUITS ET APPLICATIONS



Fluide caloporteur



Électrique



Vapeur

## TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.....	2
MÉTHODES ET HISTOIRE DU TRAÇAGE.....	2, 3
SOMMAIRE : SYSTÈMES À FLUIDES CALOPORTEURS ACTUELS.....	3
SOMMAIRE : SYSTÈMES DE TRAÇAGE ÉLECTRIQUE ACTUELS.....	4
SOMMAIRE : SYSTÈMES DE TRAÇAGE VAPEUR ACTUELS.....	5-7
SOMMAIRE : VAPEUR LIBRE.....	7
QUELQUES COMPARAISONS SIMPLES .....	8
AVANTAGES DU TRAÇAGE À FLUIDE CALOPORTEUR.....	8
RESTRICTIONS DU TRAÇAGE À FLUIDE CALOPORTEUR.....	8
AVANTAGES DU TRAÇAGE ÉLECTRIQUE .....	9
RESTRICTIONS DU TRAÇAGE ÉLECTRIQUE .....	9
AVANTAGES DU TRAÇAGE VAPEUR.....	9-10
RESTRICTIONS DU TRAÇAGE VAPEUR .....	10-11
ANALYSE DU SYSTÈME DE TRAÇAGE : .....	11-14
1. Application spécifique .....	11
2. Performance fonctionnelle du système de traçage .....	12
3. Performance énergétique du système de traçage/tuyauterie .....	12
• Système d'isolation.....	12
• Contrôle de la température de traçage.....	12
• Source thermique.....	12, 13
4. Coût d'installation du système de traçage : .....	13
• Complexité de la tuyauterie .....	13
• Contrôle/Maintien de la température.....	13
• Zones de classification .....	13
RÉSUMÉ	14
Pieds de page et Références .....	14



THERMON... Les Spécialistes du traçage®

[www.thermon.com](http://www.thermon.com) Formulaire PAF0036F-0803 © Thermon Manufacturing Co. Contenu sujet à modification sans préavis.



# Avantages et restrictions des systèmes de traçage à fluide caloporteur, électrique et vapeur

Page 2 sur 14

## INTRODUCTION

Le coût d'une méthode de traçage contre une autre est important lors du choix d'un système de traçage pour l'équipement et les tuyaux d'une usine, étant donné que chaque système possède la capacité à s'acquitter de sa tâche. Cependant, de nos jours, l'efficacité énergétique à long terme et la réduction de polluants d'hydrocarbures sont les aspects les plus importants à prendre en compte lors du choix d'équipement d'usine comportant des systèmes de traçage. L'économie d'énergie et la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) vont de pair. Lorsque la consommation énergétique augmente, les émissions de GES augmentent également. Aujourd'hui, presque tous les pays du monde ont défini leur objectif de réduction énergétique et d'émissions de GES. Aux États-Unis, l'effort collectif pour combattre la consommation énergétique excessive et les émissions de GES a résulté en un partenariat entre le ministère de l'énergie (DOE), le bureau des technologies industrielles (OIT) et l'industrie américaine. Ce partenariat se concentre sur trois objectifs majeurs à atteindre : (1) réduire l'utilisation de matières premières et d'énergies non renouvelables par unité de productivité, (2) améliorer la productivité du travail et du capital, et (3) réduire la production de déchets et de polluants.<sup>1</sup>

Les usagers de vapeur industrielle contribuent à un énorme gaspillage énergétique dans de nombreux pays. On estime que pour les États-Unis seuls, environ 2,8 quads (2,800 mille milliards de Btu) d'énergie pourraient être économisés grâce à des améliorations rentables d'efficacité d'énergie dans les systèmes de vapeur industrielles.<sup>2</sup>

La vapeur est utilisée dans la majorité des usines pour faire tourner les turbines qui alimentent les générateurs de production d'électricité, pour activer les pompes et autres équipements, et pour les processus de chaleur dans les échangeurs thermiques et les réacteurs.

Les systèmes de traçage sont rarement considérés dans les priorités d'initiatives visant à réduire la consommation d'énergie. Cependant, lorsque l'on considère combien de mètres (pieds) de traçage existent dans les raffineries ou les complexes chimiques classiques, le potentiel de réduction de consommation énergétique et de polluants d'hydrocarbures est saisissant.<sup>3</sup>

On se pose souvent des questions lorsque l'on discute des systèmes de traçage. « Quel système de traçage est le plus économique : vapeur, électricité ou fluide ? M.A. Luke et 2

C.C. Miserles est l'auteur de cette déclaration sur ce sujet dans un article de 1977 relatif au choix du traçage, qui est plus pertinente que jamais :

« Il n'existe pas de réponse absolue face au dilemme du choix de traçage. Se servir de recommandations basées uniquement sur des moyennes industrielles ou des paramètres supposés reflète souvent mal une situation particulière. Se fier à d'anciennes analyses pour prendre des décisions capitales actuelles, c'est ne pas prêter attention aux développements récents ni aux variables changeantes. Exclure les paramètres de prise de décision, par exemple les compétences du personnel existant de maintenance et de fonctionnement à comprendre et vivre avec les systèmes, peut conduire au désastre. »<sup>4</sup>

Tel que l'avaient prédit les auteurs, depuis que leur article a été publié en 1977, des développements novateurs et importants ont eu lieu dans le secteur du traçage.

## MÉTHODES DE TRAÇAGE

### Histoire

Depuis le début des années 1900, le traçage vapeur est un des principaux moyens pour que des matériaux comme les résidus pétroliers, les goudrons et les cires continuent de circuler à travers les pipelines et les équipements dans l'industrie de transformation pétrolière et chimique. Pour les températures trop élevées pour utiliser le traçage vapeur, le traçage à fluide fait d'huiles minérales était souvent utilisé. Les huiles minérales pouvaient être utilisées jusqu'à des températures atteignant les 316°C (600°F). À cette température, la vapeur saturée aurait besoin d'une pression de 107,0 bars (1 549 psig).<sup>5</sup>

Après la Seconde Guerre Mondiale, l'industrie pétrolière et chimique se développa, car de nombreux produits nouveaux étaient développés pour répondre aux envies et besoins d'une société qui sortait tout juste d'une grande dépression. De nombreuses matières premières utilisées pour ces nouveaux produits devaient être maintenues à une température inférieure à 66°C (150°F) et gardées dans une étroite plage de températures pour préserver la qualité du produit final. Le traçage vapeur « nu » de l'époque était souvent inadapté à ces exigences. Des composés de transfert thermique furent développés au début des années 1950, mais avait pour but d'augmenter, et non de diminuer, le taux de transmission de chaleur des traceurs vapeur. Les fluctuations d'air ambiant étaient trop importantes pour permettre un contrôle efficace avec le système de traçage vapeur nu. De nombreuses méthodes ont été testées pour réduire la quantité de chaleur produite par le traceur nu après que la température/pression de vapeur ait été réglée pratiquement au niveau minimum. Une de ces méthodes consistait à suspendre





# Avantages et restrictions des systèmes de traçage à fluide caloporteur, électrique et vapeur

INFORMATIONS SUR LES PRODUITS ET APPLICATIONS

un traceur nu au-dessus du pipeline et d'essayer de maintenir une lame d'air avec des cales d'écartement. Ce système posait problème. Les cales étaient trop difficiles à maintenir en place lors de l'assemblage, ce qui était donc trop fastidieux et long à installer. Elles se déplaçaient souvent lors de l'utilisation en raison de la dilatation et de la contraction naturelle du tube. Ce système était confronté à des taux de transmission thermique imprévisibles, à des points chauds et à un fort coût d'installation.

Pendant cette période, les ingénieurs d'usine préféraient utiliser les méthodes de traçage à fluide (glycol et huiles chaudes) lorsque c'était possible, car le fluide régulant pouvait maintenir les températures requises, même si des fuites apparaissaient souvent en raison de raccords mal ajustés. Le traçage à résistance électrique fut également développé au début du vingtième siècle et certains modèles furent adaptés pour le traçage de pipelines ; ils furent cependant peu utilisés en raison de défaillances causées par des températures excessives de gaines à puissance élevée. Dans les années 1950 débutèrent réellement les expériences pour développer des méthodes de traçage électrique durables qui pouvaient être adaptées aux contrôles de température automatiques. Ces efforts ont mené à des améliorations du marché et, au cours des années 1960, le traçage électrique commença à être accepté comme concurrent viable aux méthodes de traçage vapeur et à fluide pour le chauffage de tuyaux et d'équipements d'usines de transformation.

De nos jours, les méthodes de contrôle des traceurs utilisant des fluides de transmission thermique sont bien plus sophistiquées qu'autrefois. Le schéma 1 montre un contrôleur de microprocesseur (Sterling, Inc. [www.sterlco.com](http://www.sterlco.com)) équipé d'une « logique floue » à haute efficacité. Une grande variété de fluides de transmission thermique sont disponibles pour les besoins en température élevée ou basse. Des unités nomades ou fixes de chauffage ou de refroidissement de fluide sont disponibles. Pour les applications de chauffage, des chauffages électriques, vapeur ou à combustible sont utilisés pour augmenter la température du fluide de transmission thermique. Selon le type de chauffage et le mécanisme de contrôle, des unités de fluide caloporteur préemballées peuvent être fournies équipées d'un contrôle à microprocesseur pour un fonctionnement fiable, sécurisé et exact. Les connecteurs de tubes imperméables actuels éliminent les fuites de fluides qui sont coûteuses et parfois dangereuses, faisant des tubes semi-rigides un moyen idéal de traçage à fluide de transmission thermique. Les raccords de tubes peuvent être soudés manuellement ou automatiquement

## SOMMAIRE : SYSTÈMES DE FLUIDES CALOPORTEURS ACTUELS

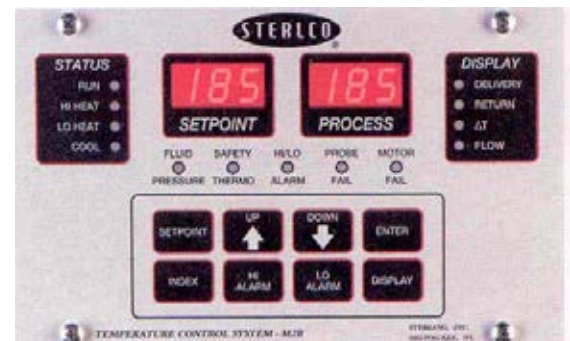
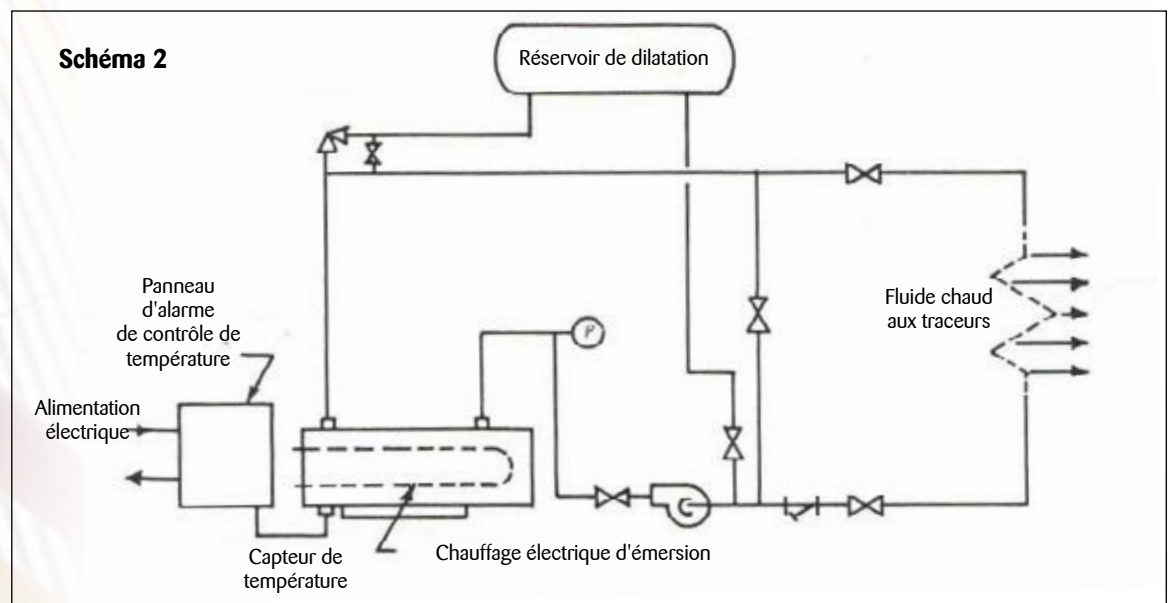


Schéma 1





# Avantages et restrictions des systèmes de traçage à fluide caloporteur, électrique et vapeur

si besoin, là où le taux de pression est en accord avec les calculs de l'ANSI B31.1. Des tubes peuvent facilement être coudés et pliés ou façonnés en boucle d'épingle à cheveux pour les vannes et pompes. Les traceurs avec composés de transfert thermique fournissent une distribution de température constante tout le long de la pipeline même lors des applications de refroidissement. De plus, ils permettent d'utiliser des températures de fluide moins élevées (ainsi opposé au traceur nu) pour les applications de chauffage puisque le coefficient de transmission thermique en est grandement amélioré. Le schéma 2 montre un système de traçage liquide à vapeur caractéristique.

## SOMMAIRE : SYSTÈMES DE TRAÇAGE VAPEUR ACTUELS

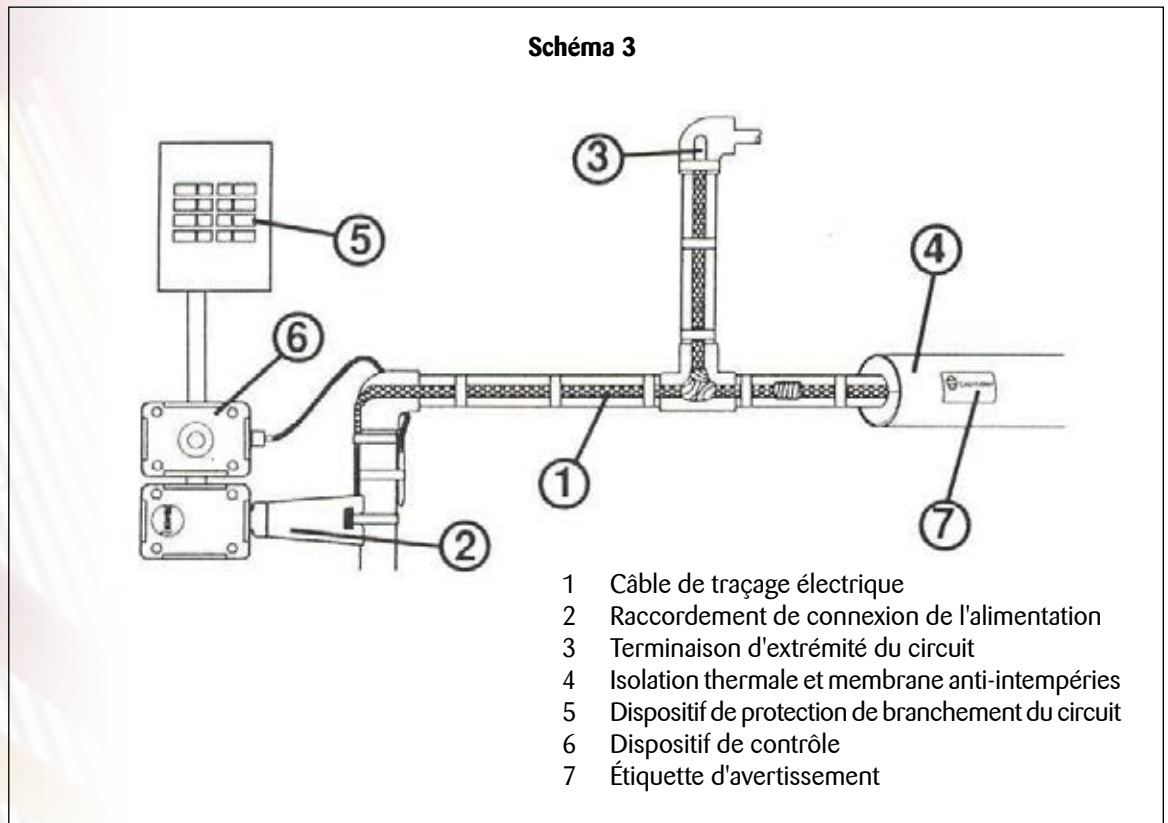
Les systèmes de traçage électrique modernes présentent un taux très bas de défaillance, contrairement aux systèmes de traçage à résistance électrique d'autrefois, en raison d'une technologie plus avancée et d'exigences de normes d'industrie qui doivent être respectées pour être accepté comme fournisseur viable dans ce marché. Les contrôles basés sur des microprocesseurs peuvent maintenir les températures de tuyaux extrêmement près de leur limite. Des polymères de pointe à haute température et des méthodes de processus ont mené au développement de rubans chauffants novateurs et améliorés, flexible, à auto-régulation et auto-limitant. Ces chauffages flexibles peuvent être utilisés pour

maintenir les températures de pipeline aux alentours des 149°C (300°F), là où la vapeur, les fluides thermiques chauds ou des câbles de chauffage à isolation minérale auraient été utilisés autrefois. Le développement d'alliage de métaux à haute température a fourni un moyen d'augmenter le taux de maintenance de température des câbles de chauffages électriques à isolation minérale semi-flexibles actuels jusqu'à 500°C (932°F) avec des températures maximales d'exposition de 593°C (1 100°F). Voir les schémas 3 et 4 pour les systèmes de traçage électrique et de contrôle basés sur des microprocesseurs caractéristiques.



Schéma 4

Moniteur basé sur des microprocesseurs et unités de contrôle pour systèmes de traçage électrique - zone de contrôle programmable par incrémentation de 1 degré.





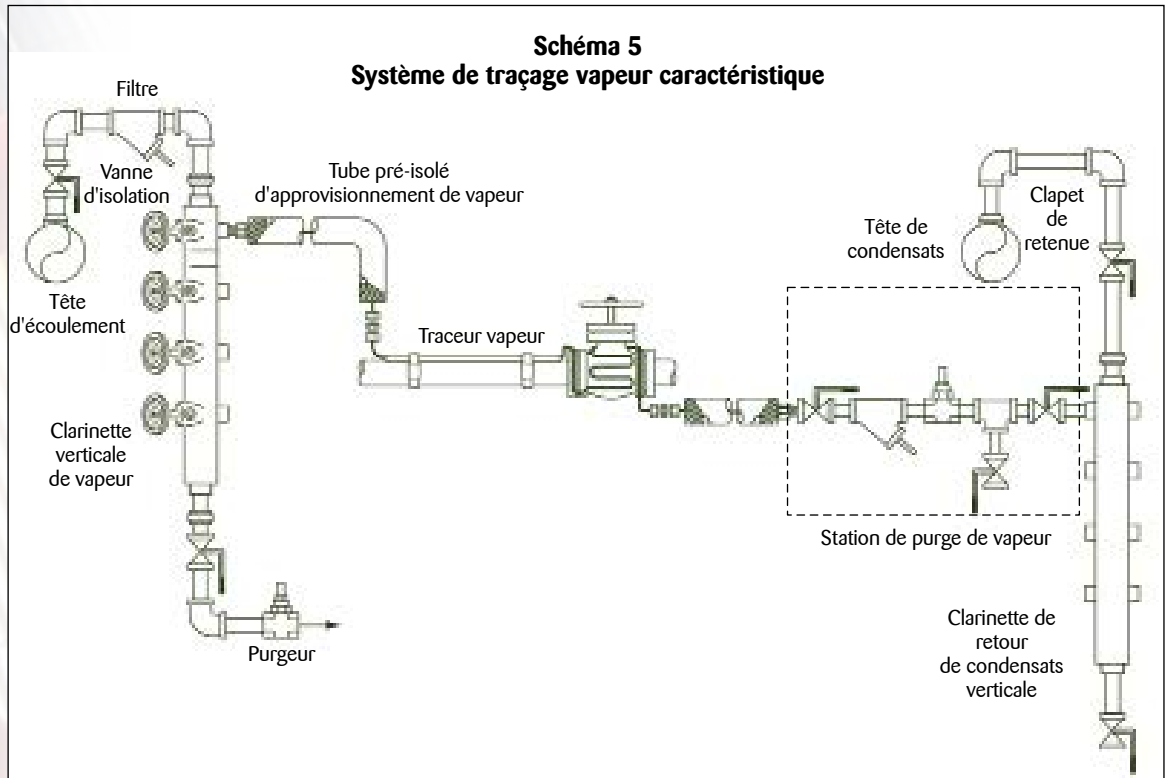
# Avantages et restrictions des systèmes de traçage à fluide caloporteur, électrique et vapeur

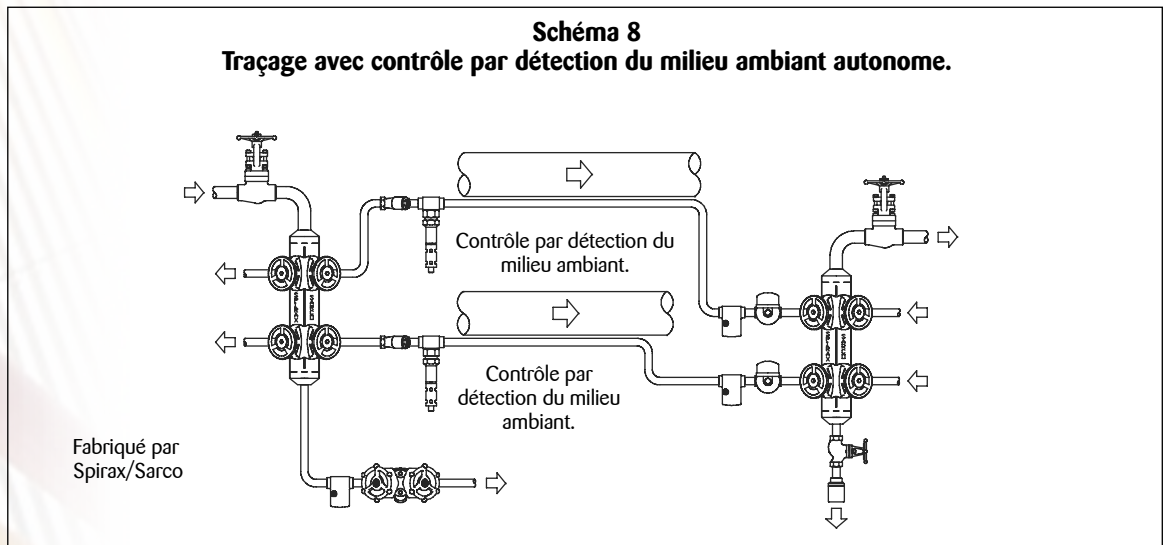
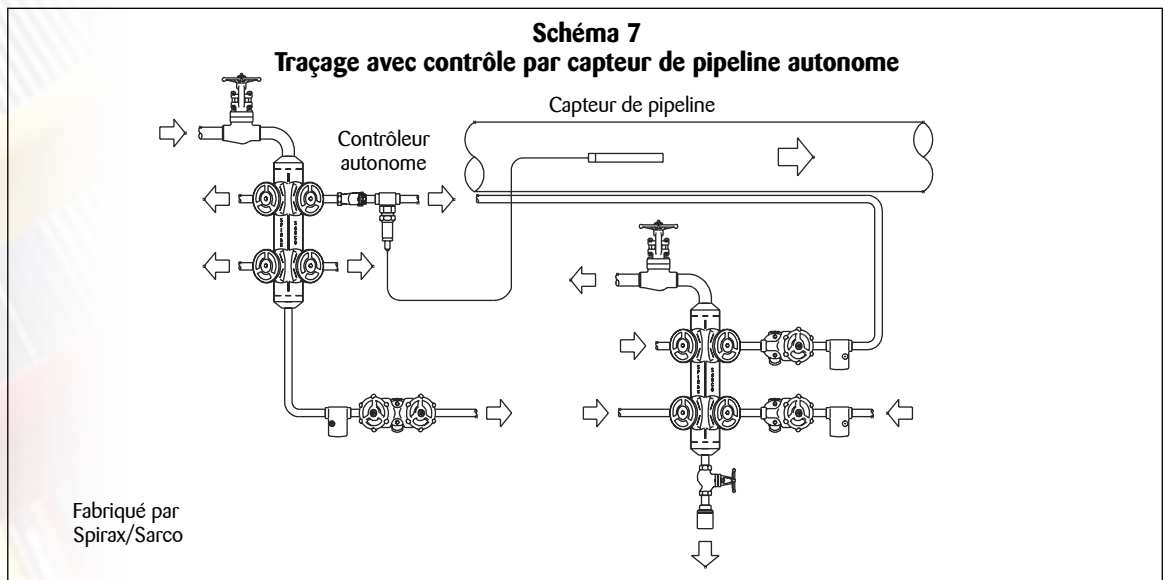
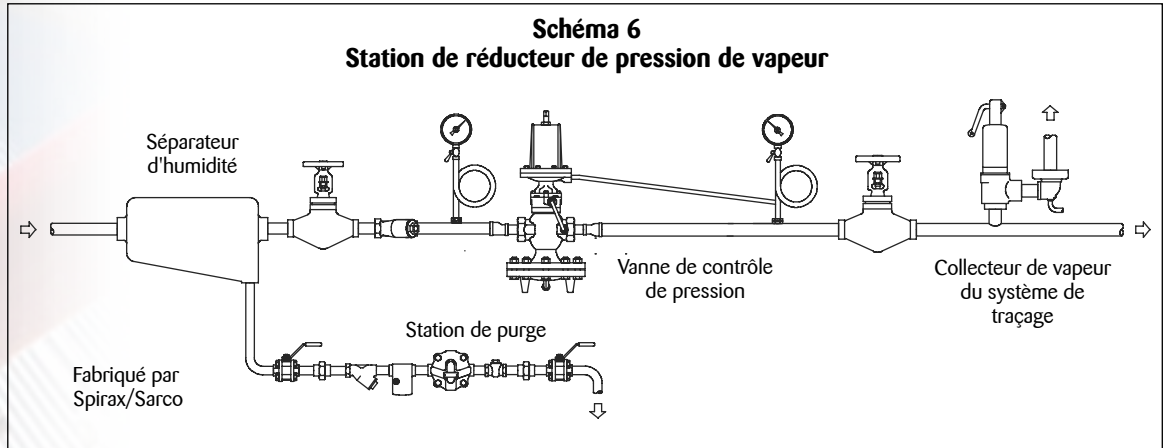
## SOMMAIRE : SYSTÈMES DE TRAÇAGE VAPEUR ACTUELS

Il existe de nos jours une grande gamme de méthodes de traçage vapeur. De nouveaux traceurs vapeur isolés fabriqués en usine ont été développés, offrant toute une gamme de taux de transmission thermique pour des contrôles de température basse et moyenne ainsi qu'une sécurité améliorée. Lorsque l'on a accès à une basse pression vapeur, ces traceurs peuvent être utilisés pour chauffer des matériaux comme la soude caustique, des résines, des acides et des lignes d'eau qui auparavant ne pouvaient pas être chauffées avec des traceurs nus en raison de la chaleur excessive qui pouvait donner lieu à des corrosions, vapeurs et produits non-conformes. Les traceurs isolés peuvent également être utilisés pour le contrôle de température lorsque l'on a accès à de hautes pressions vapeur, plutôt que d'installer des réducteurs de pression. Pour les hautes plages de températures, la vapeur peut être utilisée comme moyen de transmission de chaleur dans un système de traçage moderne de « conduction », dans lequel un composé de transfert thermique est

installé sur un traceur et recouvert d'une gaine en acier à raccordement rapide afin d'offrir un contact maximum et permanent sur la surface du pipeline. Un traceur de conduction fournira autant de chaleur que 3 à 6 traceurs nus et peut également réchauffer. Le schéma 5 montre un système de traçage vapeur caractéristique. La plupart du temps, le traçage vapeur circule librement dans les systèmes, dans lesquels aucune méthode de contrôle n'est appliquée mis à part des réducteurs de pression de vapeur, comme montré au Schéma 6. Il existe cependant plusieurs méthodes de contrôle. Les schémas 6 et 7 détaillent des méthodes de branchement pour le contrôle des pipelines et de détection du milieu ambiant. Le schéma 9 montre le contrôle par purgeurs à pression équilibrée, qui retiennent les condensats. Le schéma 10 montre un traceur vapeur isolé utilisé pour baisser la température d'un pipeline équipé d'un traceur, contrairement à un traceur nu, qui diminue le taux de transmission thermique depuis le traceur au tuyau.

INFORMATIONS SUR LES PRODUITS ET APPLICATIONS

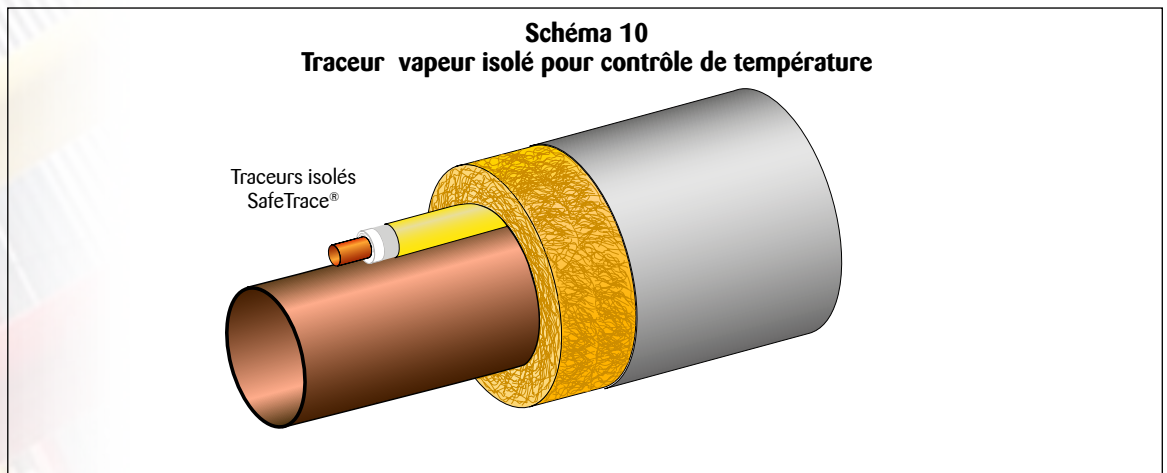
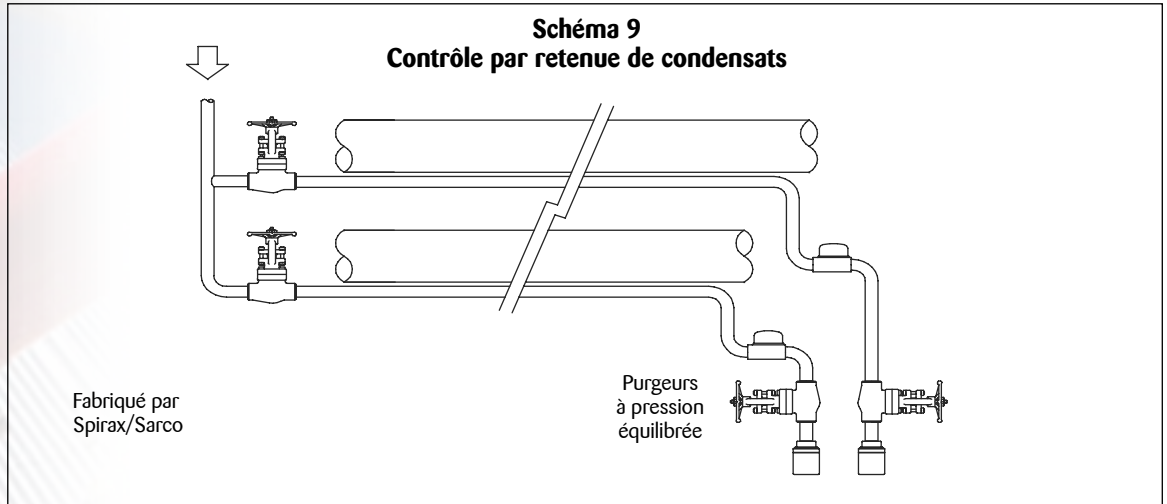






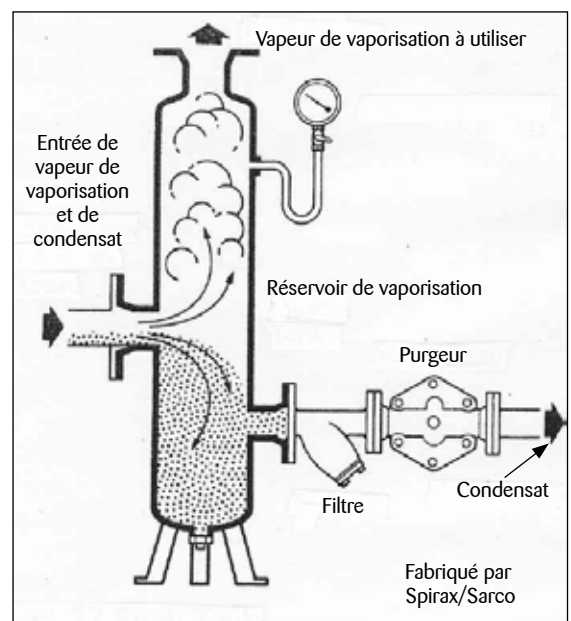
# Avantages et restrictions des systèmes de traçage à fluide caloporteur, électrique et vapeur

INFORMATIONS SUR LES PRODUITS ET APPLICATIONS



## SOMMAIRE : VAPEUR LIBRE

Les circuits de traçage vapeur utilisent souvent de la vapeur de vaporisation provenant de condensat chaud, de vapeur produite par des chaudières de récupération ou de vapeur provenant de procédés exothermiques. On nomme souvent l'énergie provenant de ces sources « vapeur libre ». Il faut cependant des récipients de vaporisation (voir Schéma 11), un équipement de récupération de chaleur et d'autres accessoires pour contrôler et transporter cette vapeur. Cet équipement ainsi que le personnel de maintenance sont onéreux. Cependant, on n'a pas besoin de combustible supplémentaire pour produire cette vapeur, il s'agit donc d'une source d'énergie à bas coût d'où l'appellation « vapeur libre ».





# Avantages et restrictions des systèmes de traçage à fluide caloporteur, électrique et vapeur

## QUELQUES COMPARAISONS SIMPLES

Ce qui suit expose brièvement les avantages et restrictions de chaque système dans différentes applications :

### AVANTAGES DU TRAÇAGE DE FLUIDE CALOPORTEUR

- Aujourd'hui, une grande variété de fluides caloporteurs existent pour couvrir une grande gamme d'applications de chauffage ou de refroidissement. L'EAU est souvent utilisée pour le chauffage à température basse ou moyenne pour sa stabilité et ses propriétés de transmission thermique. LES AROMATIQUES peuvent être utilisés pour des températures comprises entre 320°C et 400°C (608°F à 752°F) ; LES FLUIDES À BASE DE SILICONE peuvent être utilisés jusqu'à environ 400°C (750°F) et également pour refroidir. LES HYDROCARBURES ou les huiles minérales sont utilisés depuis des années et peuvent généralement être employés jusqu'à maximum 321°C (610°F).<sup>6</sup>
- Le traçage au fluide caloporteur est efficace pour les applications nécessitant un contrôle de température assez précis. Les composés de transfert thermique sont généralement recommandés pour le chauffage ou le refroidissement, car ces matériaux possèdent un coefficient de transmission thermique très élevé et un bon contact entre le traceur à fluide et la ligne de processus chauffée ou refroidie. Le taux de transmission thermique ainsi que le contact, améliorés, permettent d'obtenir une distribution uniforme de température tout au long du pipeline.
- Les systèmes de traçage à fluide caloporteur peuvent être conçus pour utilisation en zones dangereuses.
- La majorité des fluides caloporteurs sont peu susceptibles de geler ou d'éclater le traceur ou l'équipement de manutention lors des arrêts, contrairement au condensat d'un système de traçage vapeur lorsque la température ambiante est en dessous de -29°C (-20°F).
- Un fluide caloporteur « idéal » possède les caractéristiques suivantes :<sup>6</sup>
  - Stabilité thermique : Il ne doit pas y avoir de changement significatif de la composition chimique suite aux cycles répétés de chauffage et de refroidissement .
  - Sécurité intrinsèque : Dans des conditions de fonctionnement normales, le fluide ne doit pas présenter de danger d'incendie ni d'explosion. Avant d'arrêter son choix, il convient d'évaluer

les poudrières et endroits susceptibles d'incendie. La majorité des fluides caloporteurs peuvent être employés à des températures supérieures, car les fuites sont généralement de faible importance, ce qui minimise le risque d'être exposé à une source d'inflammation. Il ne faut jamais employer un fluide caloporteur au-dessus de son point d'ébullition atmosphérique en raison de risque d'explosion de vapeur au niveau des fuites.

- Sécurité chimique : Les expositions accidentelles ne doivent pas être dangereuses pour le personnel opérant.
- Viscosité faible à température ambiante : Les fluides à haute viscosité fonctionneront difficilement lors du démarrage du système, encore froid.
- Pression de vapeur faible à température de fonctionnement : Une pression de vapeur faible élimine le besoin de pressuriser le système entier pour éviter la cavitation de la pompe.
- De bonnes propriétés physiques : Le coefficient de transmission thermique est directement proportionnel à la chaleur ( $C_p$ ), densité ( $\rho$ ) et conductivité thermique ( $k$ ) spécifique, et inversement proportionnelle à la viscosité ( $\mu$ ).

### RESTRICTIONS DU TRAÇAGE DE FLUIDE CALOPORTEUR

- Les fluides caloporteurs possèdent, typiquement, une faible capacité de chaleur, surtout comparé au traçage vapeur. Il se peut que l'on doive utiliser de multiples traceurs à fluide sur un pipeline, pour la même chaleur délivrée par un système de traçage vapeur.
- Un système de traçage à fluide caloporteur a besoin de multiples circuits de traçage avant qu'il ne le devienne nécessaire. Les unités de traitement de fluide sont composées d'un réservoir de dilatation afin de laisser de l'espace pour la dilatation du fluide ainsi que d'une tête d'aspiration nette pour la pompe ; d'une pompe de circulation qui permet au fluide caloporteur de circuler ; d'un chauffage pour chauffer le liquide à la température désirée et le réchauffer lorsqu'il revient des traceurs, et une méthode de contrôle de température/flux pour maintenir les températures requises pour le fluide caloporteur et les tuyaux de processus.
- Les restrictions de flux des systèmes de traçage à







# Avantages et restrictions des systèmes de traçage à fluide caloporteur, électrique et vapeur

Page 9 sur 14

fluide caloporteur limitent la longueur du circuit de traçage comparé à un autre système de traçage, qu'il soit vapeur ou électrique.

- Il faut traiter l'impact que peuvent avoir de potentielles fuites ou éclaboussure sur l'environnement avec n'importe quel système de traçage à fluide caloporteur. À température élevée, les fluides à base d'hydrocarbures peuvent devenir volatiles si une fuite apparaît dans le système.
- Il faut considérer les coûts initiaux du fluide et de remplacement, car certains fluides sont très onéreux.

## AVANTAGES DU TRAÇAGE ÉLECTRIQUE

- La plupart des installations industrielles sont fournies en alimentation électrique.
- Une grande gamme de types et de méthodes de traçage peuvent être utilisés pour maintenir un large éventail de températures pour les tuyaux de processus et l'équipement associé. La puissance électrique de chaleur peut être ajustée, pour des applications variant de la mise hors gel à très faible température à des températures très élevées de maintenance de processus allant jusqu'à 500°C (932°F), grâce à un sélecteur de chauffage et l'utilisation de variables de conception, comme la tension d'alimentation.
- De courtes longueurs de tuyaux ou de longs pipelines de l'ordre de 25 km (15 miles) de long peuvent être chauffés en utilisant différents types de câbles chauffants ou de système de traçage thermique à effet de peau.
- Le traçage électrique est recommandé pour les tuyaux recouverts ou non métalliques et l'équipement de processus en raison de sa capacité à fournir une puissance de chaleur très faible.
- Le traçage électrique est souvent recommandé pour les produits sensibles à la température qui doivent être conservés dans une étroite plage de température. Ce système peut facilement être équipé de dispositifs de contrôle de température pour maintenir une température constante précise afin de maintenir la température de processus dans sa limite et d'économiser de l'énergie.
- Le traçage électrique ne contient pas de fluide, c'est pourquoi il n'existe pas de raccordement ou de purgeur pouvant causer des fuites d'énergie ou exigeant une maintenance. Ceci signifie que l'installation est simplifiée, les coûts de fonctionnement et de maintenance réduits.
- Au cours de son histoire, le traçage électrique a démontré être un choix sûr pour le chauffage de tuyau et d'équipement de processus. Des vérifications ont été effectuées pour correspondre aux normes élevées du secteur et être homologuées

par les organismes d'approbations.

## RESTRICTIONS DU TRAÇAGE ÉLECTRIQUE

- Lorsqu'il est prévu pour le maintien en température, le traçage électrique a souvent besoin d'une période de chauffe bien trop longue de reprise de flux suite à un arrêt d'urgence ou à une reprise de l'usine.
- Comme vu précédemment, le traçage électrique peut être conçu pour un fonctionnement sécurisé dans des zones dangereuses et a de bons résultats antérieurs lors de telles applications, mais il est parfois sujet à des étincelles, qui pourraient conduire à un incendie ou une explosion en présence de matériaux inflammables dans l'atmosphère entourant le traceur.
- L'électricité destinée au traçage peut être bien plus coûteuse par Btu que la vapeur, surtout si on dispose de vapeur de « vaporisation » ou de vapeur provenant de procédés exothermiques pour un traçage vapeur. Si l'usine possède une centrale de cogénération, il existera toujours une différence de coût entre l'électricité et la vapeur mais elle sera bien moindre.

## AVANTAGES DU TRAÇAGE VAPEUR

- Le traçage vapeur est souvent choisi dans les usines où la vapeur est un produit dérivé de la condensation (vapeur de « vaporisation ») ou de procédés exothermiques. Dans ces cas, l'électricité sera bien plus coûteuse que la vapeur. La vapeur provenant de ces sources est souvent considérée (à tort) comme une « vapeur libre », mais comme vu précédemment, cette vapeur a néanmoins un petit coût de maintenance même s'il n'est pas fait usage de combustible supplémentaire.
- La vapeur est indiquée dans les situations de réchauffage, car le taux de transmission thermique est au plus élevé lorsque la différence de température entre le traçage vapeur et le tuyau ou équipement, plus froid, est grande. Lors du réchauffage, la vapeur se condense rapidement, libérant une grande quantité d'énergie thermique latente due à l'importante différence de température entre le tuyau froid (ou équipement) et le traceur vapeur. Tandis que l'équipement de processus chauffe, la diminution graduelle de différence de température apporte une diminution correspondante du taux de condensation de vapeur, jusqu'à ce qu'un équilibre soit atteint. La grande quantité de contenu thermique latent de la vapeur en fait un excellent moyen de transmission dans les situations de démarrage après une reprise d'usine ou un arrêt d'urgence. Les pipelines qui sont par intermittence utilisés comme réservoirs pour la transmission de soufre, asphalte ou autres matériaux d'hydrocarbures lourds s'appuient sur la vapeur pour un réchauffement rapide et un maintien en température une fois que le système a atteint une situation d'équilibre. En situation d'équilibre, la





# Avantages et restrictions des systèmes de traçage à fluide caloporteur, électrique et vapeur

Page 10 sur 14

chaleur fournie par le système de traçage vapeur est équivalente à la chaleur perdue dans l'atmosphère à travers le matériau calorifuge dont sont recouverts le traceur et le tuyau.

- Le traçage vapeur est sécurisé intrinsèquement et peut être utilisé dans les zones dangereuses de division 1 (et zone 0) dans lesquelles les circuits de traçage électriques sont fortement restreints (ou interdits) pour des raisons de sécurité. La publication de l'API, deuxième édition, janvier 1991, déclare ce qui suit : « L'inflammation d'émissions accidentelles d'hydrocarbures dans l'atmosphère peut donner lieu à des incendies destructeurs. On suppose souvent que les surfaces chaudes des zones dans lesquelles la vapeur d'hydrocarbures est relâchée sont le point de départ des incendies ; cependant, les surfaces chaudes, même à des températures plus élevées que les températures observées d'inflammabilité d'hydrocarbures, n'enflamment pas toujours ce mélange inflammable. En principe de base, l'inflammation ne se produit pas toujours par une surface chaude à air libre, à moins que la température de surface soit de 200°C (360°F) supérieurs à la température minimale d'inflammabilité. » En règle générale, la vapeur destinée au traçage ne dépasse pas cette température limite pour la plupart des hydrocarbures. De plus, la majorité des lignes de production de vapeur sont recouvertes de calorifuge afin de réduire la déperdition thermique et de minimiser les blessures du personnel et de le protéger en maintenant la surface d'isolation à une température maximum de 60°C (140°F) ou moins.
- La température des circuits de traçage vapeur peut être contrôlée par des :
  - Réducteurs de pression qui font varier la pression de la vapeur et ainsi sa température.
  - Traceurs isolés qui fournissent un chemin faiblement conducteur pour diminuer la température et économiser de l'énergie pour les lignes transportant des matériaux comme de l'amine, des corrosifs, des résines, de l'eau, des eaux usagées ou pour maintenir la température du pipeline avec une vapeur de 10,3 barg à 17,2 barg (150 psig à 250 psig) sans avoir à recourir à des réducteurs de pression qui auraient probablement été nécessaires aux traceurs nus pour limiter la chaleur.
  - Des vannes de contrôle autonomes équipées de capteurs réagissant à la température de l'air ambiant ou du tuyau de processus.
  - Des purgeurs à émissions de vapeur réglés sur une température prédéterminée ou des purgeurs à pression équilibrée réagissant à la température du condensat qui permet au condensat de sous-

refroidir dans le traceur avant d'être rejeté.

- Des électrovannes contrôlées thermostatiquement, qui permet un contrôle marche-arrêt. Le thermostat n'a qu'un rôle de guide, le contrôle marche-arrêt donne au circuit du traceur tous les avantages d'un moyen de chauffage durant un démarrage.
- Le condensat du traçage vapeur peut être retourné pour être réchauffé et utilisé dans la chaudière, car il est considéré comme « condensat propre ». Cependant, les condensats provenant d'échangeurs de chaleur d'équipement gainé ne sont pas considérés comme propres en raison de la possibilité de contamination croisée avec des fluides de processus.
- La vapeur est simple et fiable. Il s'agit d'une source d'énergie constante, qui fonctionne grâce à sa propre puissance. Lorsque la vapeur se condense en eau saturée dans le traceur, elle libère un espace de volume, qui se remplit constamment de vapeur sous la pression. Ce processus perpétuel fait que le flux de vapeur fonctionne tant que le système fonctionne.

## RESTRICTIONS DU TRAÇAGE VAPEUR

- Le traçage vapeur n'est généralement pas recommandé avec des tuyaux recouverts ou non métalliques et réservoirs bien que l'on puisse utiliser des traceurs isolés modernes dans certains cas.
- Les traceurs vapeur ont besoin de raccordements, qui peuvent parfois fuir. Cependant, les raccordements à compression moderne de précision sont étanches lorsqu'ils ont correctement installés.
- Chaque cycle de flotteur inversé ouvert ou de purgeurs thermodynamiques utilise une certaine quantité de vapeur pour pouvoir fonctionner. Des pertes de vapeur se produisent également dans les purgeurs thermostatiques en raison de courts laps de temps entre la fermeture de la vanne et le moment où le dernier condensat s'échappe puis entre la vapeur. Les purgeurs à impulsion perdent continuellement de petites quantités de vapeur à travers de l'orifice pilote. De plus, chaque purgeur a des pertes par radiation. Le fournisseur de purgeur devrait pouvoir communiquer le poids typique en kg (lb) de perte de vapeur par heure selon le purgeur sélectionné. Un des fabricants déclare que la vapeur de fonctionnement perdue par les purgeurs est au maximum de 0,90 kg (2 lb).<sup>7</sup> Pour les petits purgeurs de traceurs, la perte de vapeur par heure est estimée être de l'ordre de 0,22 kg à 0,45 kg (0,5 lb à 1,0 lb).
- Les collecteurs de vapeur et les lignes de retour de condensat fonctionnant avec le traceur vapeur perdent une certaine quantité d'énergie à vapeur lorsqu'ils sont recouverts de calorifuges. Le producteur de vapeur et la clarinette de retour du condensat





# Avantages et restrictions des systèmes de traçage à fluide caloporteur, électrique et vapeur

perdent également une certaine quantité d'énergie de vapeur. On peut cependant minimiser les pertes d'énergies en appliquant un calorifuge sur les lignes à vapeur et l'équipement.

- Des purgeurs défectueux contribuent à une perte d'énergie à vapeur des lignes tracées à vapeur. Une source déclare que « les défaillances de purgeurs, sur une base de 3 % à 10 %, contribuent au flux de vapeur dans la ligne de retour<sup>8</sup>. ». Une autre source déclare que « pour les systèmes faisant souvent l'objet de maintenance, moins de cinq pour cent des purgeurs font l'objet de fuites<sup>9</sup>. »

Tableau 1

Perte approx. d'énergie due à des fuites de purgeurs kilogrammes/hr			
Diamètre d'orifice du purgeur mm	Indicateur de pression de la vapeur en bar		
	3,5	7,0	10,0
2,0	5,0	8,8	12,0
3,0	12,5	22,2	30,5
5,0	31,0	55,1	75,4

Tableau 2

Perte approx. d'énergie due des fuites de purgeurs livres/hr			
Diamètre d'orifice du purgeur pouces	Indicateur de pression de la vapeur en bar		
	50	100	150
5/64	10,6	18,9	27,1
1/8	27,2	48,3	69,3
3/16	61,3	108,6	156,0

La taille d'orifice de purgeur pour traceurs vapeur la plus commune est de 3,0 mm pour les tailles en mètres et de 1/8" pour les tailles en pouces. Les pertes de vapeur approximatives des purgeurs défectueux pour traceurs sont données dans les Tableaux 1 et 2 ci-dessous. Un programme de maintenance adapté aide à minimiser les pertes énergétiques provenant des purgeurs, comme décrit dans la NOTE ci-dessous.

Un des principaux fabricants de purgeurs estime qu'en moyenne chaque purgeur défectueux perd plus de 400 000 livres (environ 180 000 kg) de vapeur chaque année.<sup>2</sup> En choisissant la colonne 7,0 Bar g et la taille d'orifice de 3,0 mm du Tableau 1 et en considérant 8 400 heures annuelles pour un fonctionnement de deux semaines, la perte par purgeur sera  $22,2 \times 8\ 400 = 186\ 480$  kg/an ( $186\ 480 \times 2,2 = 410\ 256$  lb/an).

Choisissez dans le Tableau 2 la colonne 100-psig et l'orifice de 1/8", la perte sera  $48,3 \times 8\ 400 = 405\ 720$  lb/an de pertes annuelles de vapeur. Ainsi, la déclaration du fabricant de purgeurs fournit une valeur réaliste.

Les systèmes de surveillance de purgeurs sont disponibles chez la plupart des fabricants de purgeurs et peuvent contribuer à réduire les pertes de vapeur dues à des purgeurs défectueux s'ils sont correctement installés et appliqués. Une surveillance régulière identifie les dysfonctionnements tels que les fuites ou une accumulation de condensat.

## ANALYSE DU SYSTÈME DE TRAÇAGE

Une analyse complète du système de traçage doit prendre en compte ce qui suit :

- L'application spécifique
- La performance fonctionnelle du système de traçage
- La performance énergétique du système de traçage/tuyauterie
- Le coût d'installation du système de traçage.

### 1. Application spécifique

Informations classiques nécessaires à une évaluation.

- Usine/Emplacement
- Données climatiques :
  - Températures ambiantes minimum
  - Températures ambiantes maximum
  - Moyenne annuelle des conditions ambiantes
- Processus, services ou matériaux à chauffer
  - Propriétés
  - Caractéristiques
  - Heures de fonctionnement
  - Besoin de chauffe
  - Trajet de flux des fluides de processus
- Besoins de surveillance et de contrôle de température du produit
- Énergie : Emplacement, Type, Quantité, Qualité, Coût
  - Classification de zone
  - Coût d'énergie électrique
  - Tension
  - Coût d'énergie à vapeur
  - Pression de la vapeur
  - Coût du fluide de transmission thermique y compris les unités de chauffage pré-emballées
- Tuyauterie : Matériaux, longueurs, tailles et niveau
  - P et diamètre 17
  - Isométrie de la tuyauterie
  - Liste de la tuyauterie, etc.
- Insolation : Type, épaisseur et revêtement anti-intempéries
- Main-d'œuvre: Taux et nombre d'heures de maintenance nécessaires
- Systèmes de traçage alternatifs à considérer

### 2. Performance fonctionnelle du système de traçage

En premier lieu, toutes les méthodes de traçage considérées doivent répondre aux besoins fonctionnels de la tuyauterie du processus et de l'équipement tracé. Le système de traçage doit chauffer et maintenir le

INFORMATIONS SUR LES PRODUITS ET APPLICATIONS





# Avantages et restrictions des systèmes de traçage à fluide caloporteur, électrique et vapeur

Page 12 sur 14

système de tuyauterie à la température préconisée. On peut placer un besoin de temps de chauffe dans le système, non seulement pour le démarrage initial mais également pour les démarrages suivant une reprise ou un arrêt d'urgence. Les limites de température maximum du tuyau, du produit, du chauffage et de l'isolation ne doivent pas être dépassées dans des conditions normales et anormales d'utilisation. Le système de contrôle de température, s'il est nécessaire, doit correspondre aux besoins de précision du contrôle. Un système d'alarme de température peut également être nécessaire pour satisfaire aux exigences de sécurité ou aux spécifications de production. Il se peut que le fonctionnement nécessite une supervision du système de traçage. Ces considérations sont nécessaires à un système fonctionnel.

### 3. Performance énergétique du système de traçage/tuyauterie

Les caractéristiques de consommation énergétique d'un système de traçage dépendent de ce qui suit :

- Système d'isolation
- Type de contrôle de température du système de traçage
- Type de source thermique

#### Système d'isolation

Un système de traçage dans son application la plus courante (maintien en température) est conçu pour remplacer uniquement la déperdition thermique à travers le calorifuge. La consommation énergétique est directement liée aux caractéristiques de perte énergétique de l'isolant, qui dépendent du type d'isolation et de son épaisseur. Une réduction de la déperdition thermique et une optimisation sont possibles en sélectionnant judicieusement le type d'isolation, il est entendu que le type d'isolation doit être en accord avec les besoins de fonctionnement de l'application, c'est à dire la limite de température minimum, la résistance à l'eau, la résistance à la traction et à la compression, l'inflammabilité, etc. L'optimisation de réduction de la déperdition thermique doit alors se baser sur l'épaisseur de l'isolation. L'épaisseur d'isolation optimale s'établit en estimant les coûts suivants pour une épaisseur d'isolation donnée :

- Coût annualisé du système d'isolation en incluant l'installation et la maintenance
- Coût annualisé de perte énergétique.

L'épaisseur d'isolation optimale est celle pour laquelle la somme de ces coûts est minimale.

#### Coût annualisé d'isolation et d'énergie en utilisant 3E Plus®

L'épaisseur de l'isolation peut être établie en utilisant le programme 3E Plus, un programme informatique d'épaisseur d'isolation qui peut être téléchargé gratuitement depuis [www.pipeinsulation.org](http://www.pipeinsulation.org). Il est conçu pour les gestionnaires d'usine, les gestionnaires

d'énergie et d'environnement et les ingénieurs en procédés industriels.

#### Le programme 3E Plus :

- Calcule la performance thermique des tuyauteries et équipements isolés et non isolés
- Convertit les pertes Btu en dollars
- Calcule les émissions de gaz à effet de serre et leurs réductions
- Est utilisé comme outil dans plusieurs programmes du ministère de l'énergie américain

3E Plus simplifie la tâche en déterminant combien d'isolation est nécessaire pour consommer moins de combustible, réduire les émissions d'usine et améliorer l'efficacité de processus. Les informations décrites ici proviennent de The Insulation Outlook Magazine, décembre 2002, sur [www.insulation.org](http://www.insulation.org).

#### Contrôle de la température de traçage

Lorsqu'aucun matériau ne circule dans le système de tuyauterie, un contrôleur à capteur de température de tuyau active et désactive le système de traçage, ce qui permet de réduire le coût énergétique, car le traceur ne délivre que l'énergie nécessaire au maintien de température du tuyau. Lorsqu'un flux est présent dans le tuyau à une température supérieure à celle réglée par le contrôleur, le contrôleur à détection de tuyau réduit l'énergie du traçage et minimise la consommation énergétique. Les contrôleurs de traçage, qui captent la température ambiante plutôt que la température du tuyau, consomment plus d'énergie, car ces contrôleurs permettent un fonctionnement continu du traçage lorsque la température ambiante est inférieure à celle réglée par le contrôleur. Résultat : une consommation énergétique accrue par le traçage. Bien que des méthodes de contrôle soient disponibles pour les systèmes de traçage vapeur, ils ne sont pas très répandus en raison de l'indifférence de l'utilisateur.

#### Source thermique

- La consommation énergétique des traceurs à résistance électrique en séries et en parallèle est limitée à la puissance de chauffe en joules ( $I^2R$ ) d'un câble. La majorité des usines sont fournies en alimentation électrique pour le traçage électrique, qu'elle soit achetée ou produite à l'usine (cogénération).
- Les traceurs vapeur sont une source thermique constante. Leur consommation énergétique est proportionnelle à la différence de température de la vapeur moins celle du tuyau. Lorsque l'on n'utilise pas de programme de contrôle, la consommation énergétique d'un traceur vapeur augmente lorsque la température du fluide de processus est plus basse que la température d'équilibre qui circule dans le tuyau de processus.
- Des multiples circuits de traçage sont nécessaires pour un système de traçage à fluide thermal avant





# Avantages et restrictions des systèmes de traçage à fluide caloporteur, électrique et vapeur

Page 13 sur 14

qu'il ne le soit justifié, et ce en raison du coût de l'unité de traitement de fluide. Les unités de traitement de fluide sont composées 1) d'un réservoir de dilatation afin de laisser de l'espace pour la dilatation du fluide ainsi que d'une tête d'aspiration nette pour la pompe ; 2) d'une pompe de circulation qui permet au fluide caloporteur de circuler ; 3) d'un chauffage pour chauffer le liquide à la température désirée et le réchauffer lorsqu'il revient des traceurs. Le contrôle de température de processus peut se faire par des vannes de contrôle de débit pour utilisateurs multiples ou par un capteur de température de processus qui contrôle la chaleur d'un seul utilisateur. Les traceurs à fluides thermiques fonctionnent soit alimentés aux hydrocarbures, à la vapeur ou par des résistances électriques. Le coût total de l'installation, d'énergie et de fonctionnement prévu doivent être étudiés lorsque l'on choisit le type de traçage du système.<sup>6</sup>

## 4. Coût d'installation du système de traçage

Les coûts d'installation de traçage vapeur, électrique et à fluide dépendent de la :

- Complexité de la tuyauterie
- Monitoring du contrôle/maintien en température
- Classification des zones

### Complexité de la tuyauterie

Les câbles de traçage électrique sont normalement plus flexibles et le temps d'installation est donc réduit pour les objets courants comme les vannes, les pompes, les filtres, les coudes, les brides, etc. Le compromis repose sur le fait que le nombre de circuits électriques et de contrôleurs augmente, tout comme la complexité, ce qui mène à un coût plus élevé pour un traçage électrique lorsqu'on le compare à un traçage vapeur, qui n'est pas contrôlé.

### Monitoring du contrôle/maintien de la température

L'installation d'un capteur de tuyau de contrôle/maintien de la température peut être aussi simple qu'un thermostat mécanique avec indication marche/arrêt comme elle peut être aussi sophistiquée qu'un ensemble de contrôle basé sur un microprocesseur. Des dispositifs de contrôle et de monitoring sont disponibles mais peu utilisés dans le cas du traçage vapeur. Le coût relatif des systèmes de traçage vapeur, électrique ou à fluide est en quelque sorte lié au monitoring/contrôle appliqué à chaque système. L'efficacité du traçage vapeur dépendra largement des pertes d'énergies dues aux fuites de vapeur des purgeurs défectueux, qui doivent être gardées au minimum.

En utilisant les systèmes de contrôle mentionnés ci-dessus, les circuits de traçage électrique peuvent maintenir la température des tuyaux à 5°C (40°F) pour la mise hors gel en utilisant de simples contrôles

préréglés, ou des thermostats ajustables de contrôle pour la mise hors gel et le maintien en température. Les unités de contrôle et monitoring de température basés sur des microprocesseurs, pour circuit simple, double ou multiple, peuvent contrôler la température jusqu'à 500°C (932°F).

Les systèmes de traçage à fluide thermique peuvent maintenir des températures assez précises pour les applications à température élevée ou basse et peuvent être contrôlés par des vannes de contrôle et/ou des systèmes de contrôle basés sur des microprocesseurs. Certains fluides thermiques peuvent être utilisés dans une fourchette de températures allant de 260°C à 400°C (500°F à 750°F), ce qui est supérieur à la fourchette de températures normalement associée au traçage vapeur. Le traçage électrique (chauffage à isolation minérale d'alliage 825) peut être avantageux à ces températures pour les circuits individuels de tuyauterie en raison du coût des unités de chauffage de fluide thermique.

Le traçage vapeur est généralement associé à une distribution de forte chaleur pour des applications pour lesquelles une vapeur dont la pression varie de 3 barg à 21 barg (50 à 300 psig) est utilisée. Cependant, de nouveaux traceurs isolés ont été conçus pour fournir une méthode de traçage vapeur pour une distribution de chaleur basse à moyenne afin de maintenir la température d'un pipeline de 5°C (40°F) à 93°C (200°F). Ces traceurs sont utilisés pour de nombreuses applications pour lesquelles une chaleur douce est nécessaire, pour des matériaux tels que la soude caustique, les résines, les amines, etc. Les méthodes de contrôle incluent la détection du milieu ambiant, les capteurs de tuyau, les purgeurs à contrôle de condensat et les traceurs isolés. Cependant, lorsque de très faibles différences de température sont nécessaires, les méthodes de traçage électrique ou à fluide thermique sont généralement le meilleur choix. Lors des applications de distribution de forte chaleur, les traçages électriques et à fluide peuvent nécessiter de multiples passages. Ainsi, le traçage vapeur aura normalement un coût d'installation relatif plus favorable lorsque les applications à chauffage rapide et fort sont considérées.

### Classification des zones

Dans les zones dangereuses, les puissances de watt par pieds peuvent être limitées afin de se conformer aux restrictions de température. À nouveau, ceci peut résulter en multiples passages du câble chauffant, résultant en coûts d'installation plus élevés. Un chauffage à température constante comme la vapeur ne tombe pas sous la juridiction de ces restrictions de températures comme décrit précédemment et profitera donc d'un avantage de coût d'installation en installant moins de passages de traceurs.





# Avantages et restrictions des systèmes de traçage à fluide caloporteur, électrique et vapeur

Page 14 sur 14

## RÉSUMÉ

Il est important de comprendre qu'il n'existe pas de méthode de traçage simple qui serait la meilleure dans chaque situation. Le facteur déterminant à prendre en compte pour choisir la méthode de traçage à employer est l'application spécifique et ses nécessités.

En réalité, il existe des situations dans lesquelles une, deux ou les trois méthodes décrites ici pourraient être avantageuses économiquement dans une usine industrielle. La vapeur peut être disponible et le meilleur choix de traçage pour une unité tandis que le traçage électrique ou à fluide serait le meilleur choix dans une autre. La plupart des raffineries et des usines chimiques utilisent généralement le traçage vapeur ou électrique dans l'usine. L'industrie textile utilise souvent les systèmes de traçage vapeur et à fluide thermique pour les hautes températures.

Le choix de traçage doit être facilité pour les utilisateurs qui n'ont pas déjà de source de vapeur disponible. Il est peu probable que l'on investisse dans une chaudière à vapeur uniquement pour les besoins de traçage. D'un autre côté, lorsqu'une usine utilise de la vapeur dans d'autres buts, il peut y avoir un surplus de vapeur disponible qui doit soit être utilisé soit être perdu. Dans ce cas, il est tentant d'utiliser un traçage vapeur ou un chauffage de fluides fonctionnant à la vapeur pour un traçage à fluide.

Un fabricant de systèmes externes de traçage ([www.thermon.com](http://www.thermon.com)) a une expérience directe avec la conception, la commercialisation et l'installation du traçage vapeur, électrique ou à fluide depuis presque 50 ans. La connaissance acquise dans la science de transmission de chaleur externe par des applications sur le terrain et les complexes d'évaluation de l'entreprise ont été rassemblés et les données programmées dans un logiciel exhaustif d'analyse appelé Programme avancé pour l'optimisation du traçage vapeur et électrique (AESOP). Aujourd'hui, un système de traçage optimum pour une usine spécifique évaluée peut être rapidement sélectionné, quel que soit le degré de complexité.

## Pieds de pages et références

1. Arlene Anderson, « Industries of the Future-Reducing Greenhouse Emissions », EM Magazine, mars 1999, pp. 13.
2. Ted Jones, « Gathering Steam », Insulation Outlook, mars 1998.
3. Knox Pitzer, and Roy Barth, « Steam Tracing for Energy Conservation ». Chemical Engineering Exposition and Conference, 7-8 juin 2000.
4. M. A. Luke et C. C. Miserles, « How Steam and Tracing Compare in Plant Operation », Oil and gas Journal, 7 novembre 1977, pp. 64-73.
5. Thomas K. McCranie, « Heating Oils and Other Fluids in Cement Plants », présenté à la conférence de 1972 IEEE Cement Industry Technical Conference.
6. Jim Oetinger, « Using Thermal Fluids For Indirect Heating », Process Heating Magazine, octobre 1997.
7. Ted Boynton, et Bob Dewhirst, « Energy Conservation Thru Trap Surveys and Preventive Maintenance Programs », Armstrong International.
8. Mackay, Bruce, P.E., « Designing a Cost-Effective Condensate-Return System. » Chemical Processing, mai 1997.
9. « Insulation Outlook Magazine. » Avril 2002. Publié avec cette note de bas de page : « Adapté de la fiche de données d'astuces pour l'énergie originellement publiée par le Industrial Energy Extension Service of Georgia Tech. »
10. Rapport de marketing personnalisé pour Thermon Manufacturing Company, Saunders Management Associates, septembre 1994.
11. Roy E. Barth and Arthur McDonald, « An Energy and Cost Evaluation Of Electric & Steam Tracing For Refineries, Inc Oiltown, USA. » 1994. Remarque : La plupart de ce travail se retrouve dans la section « Analyse du système de traçage ».

INFORMATIONS SUR LES PRODUITS ET APPLICATIONS



**THERMON... Les Spécialistes du traçage®**

[www.thermon.com](http://www.thermon.com)