



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



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



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

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.¹

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.²

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 autre équipement, 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.³

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 le système, peut conduire au désastre. »⁴

Tel que l'avait 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 principal moyen 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 bar (1 549 psig).⁵

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 le traceur nu après que la température/pression de vapeur ai été réglé pratiquement au niveau minimum. Une de ces méthodes consistait à suspendre un traceur nu au-dessus de la 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.



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

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 raccordement 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.

SOMMAIRE : SYSTÈMES À FLUIDES CALOPORTEURS ACTUELS

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) 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 raccordements de tubes peuvent être soudés manuellement ou automatiquement 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 élevés (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.

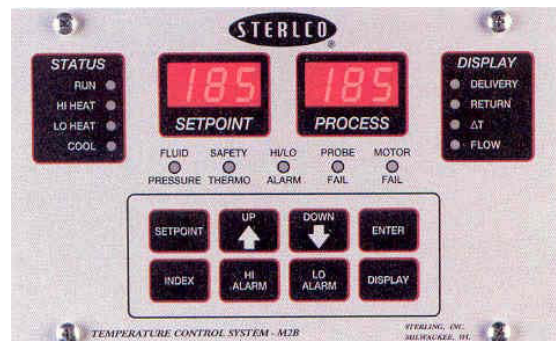
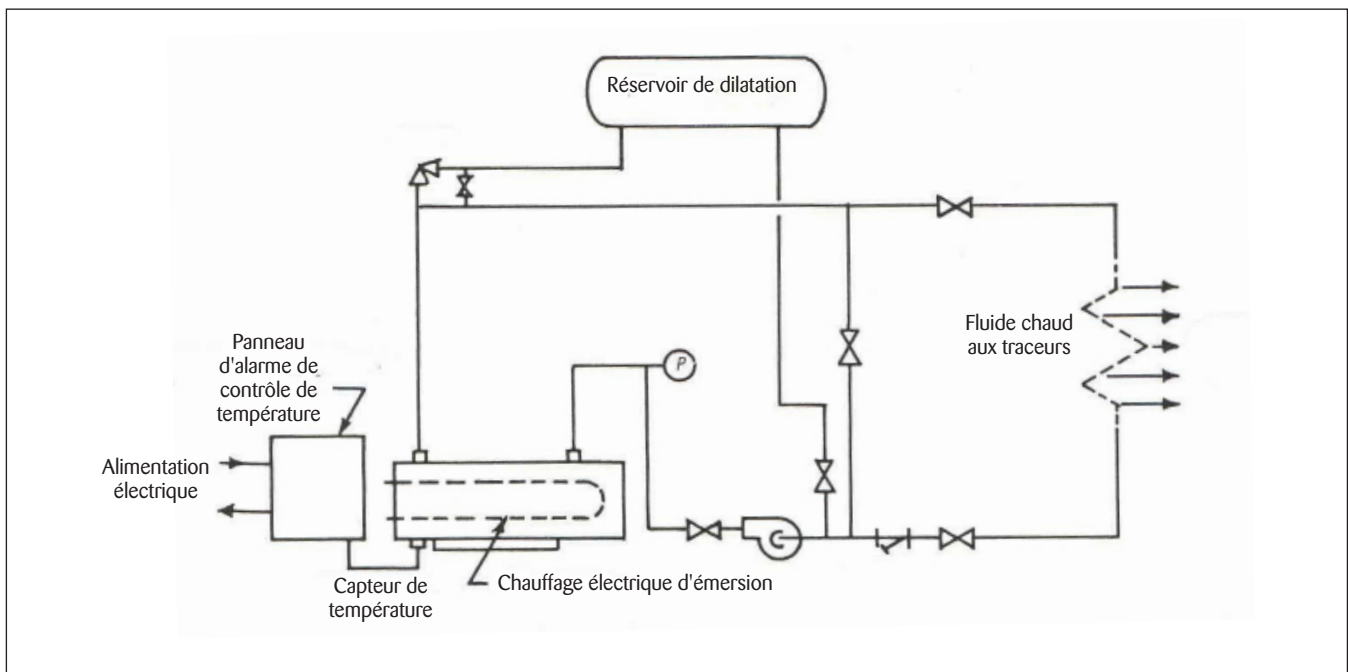


Schéma 1

Schéma 2





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

SOMMAIRE :

SYSTÈMES DE TRAÇAGE ÉLECTRIQUE ACTUELS

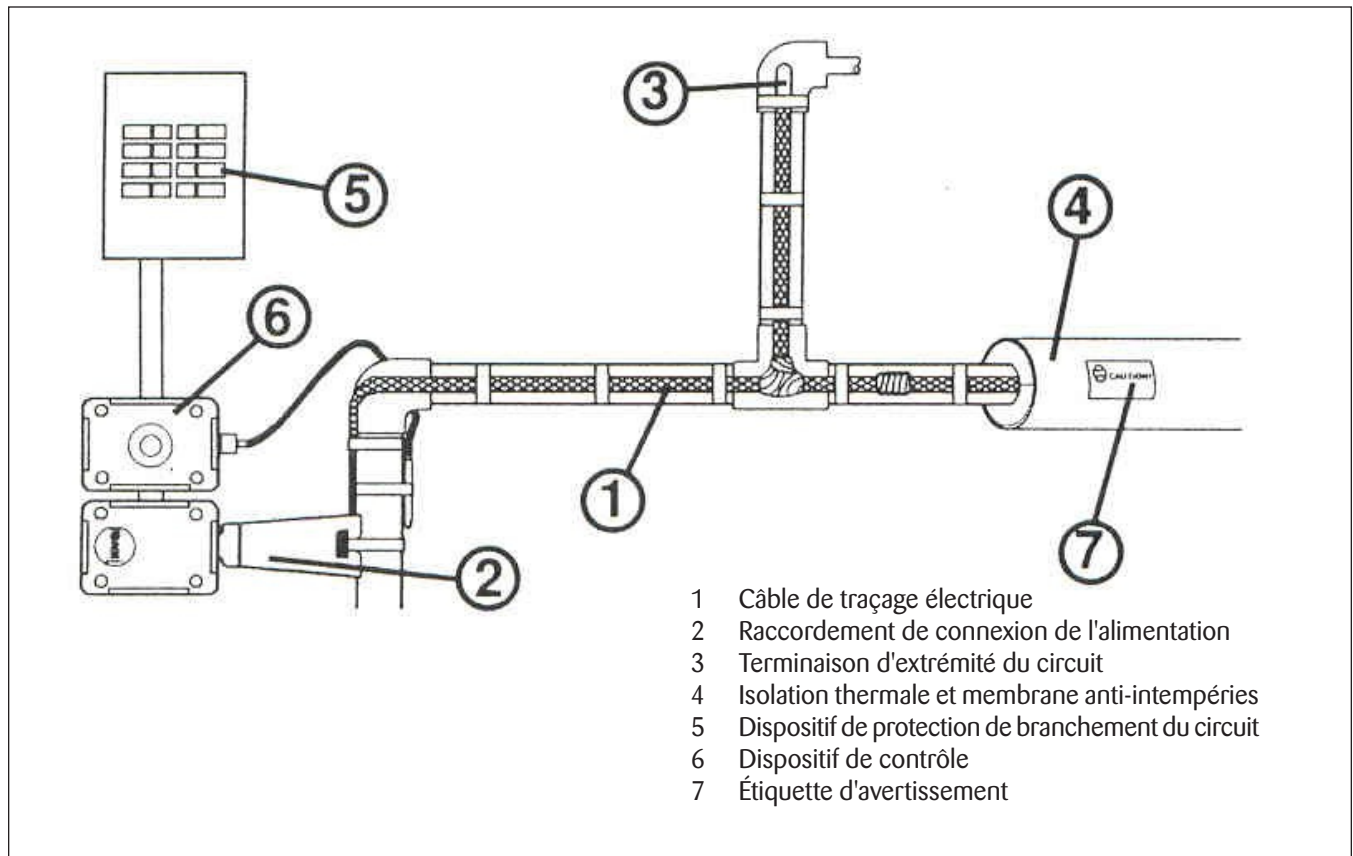
Les systèmes de traçage électrique modernes présentent un taux très bas de défaillance, contrairement aux systèmes de traçage à résistance électrique d'autrefois, en raison d'une technologie plus avancée et d'exigences de normes d'industrie qui doivent être respectées pour être accepté comme fournisseur 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 menés au développement de rubans chauffants novateurs et améliorés, flexible, à autorégulation 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 hautes températures 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.

Schéma 3





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

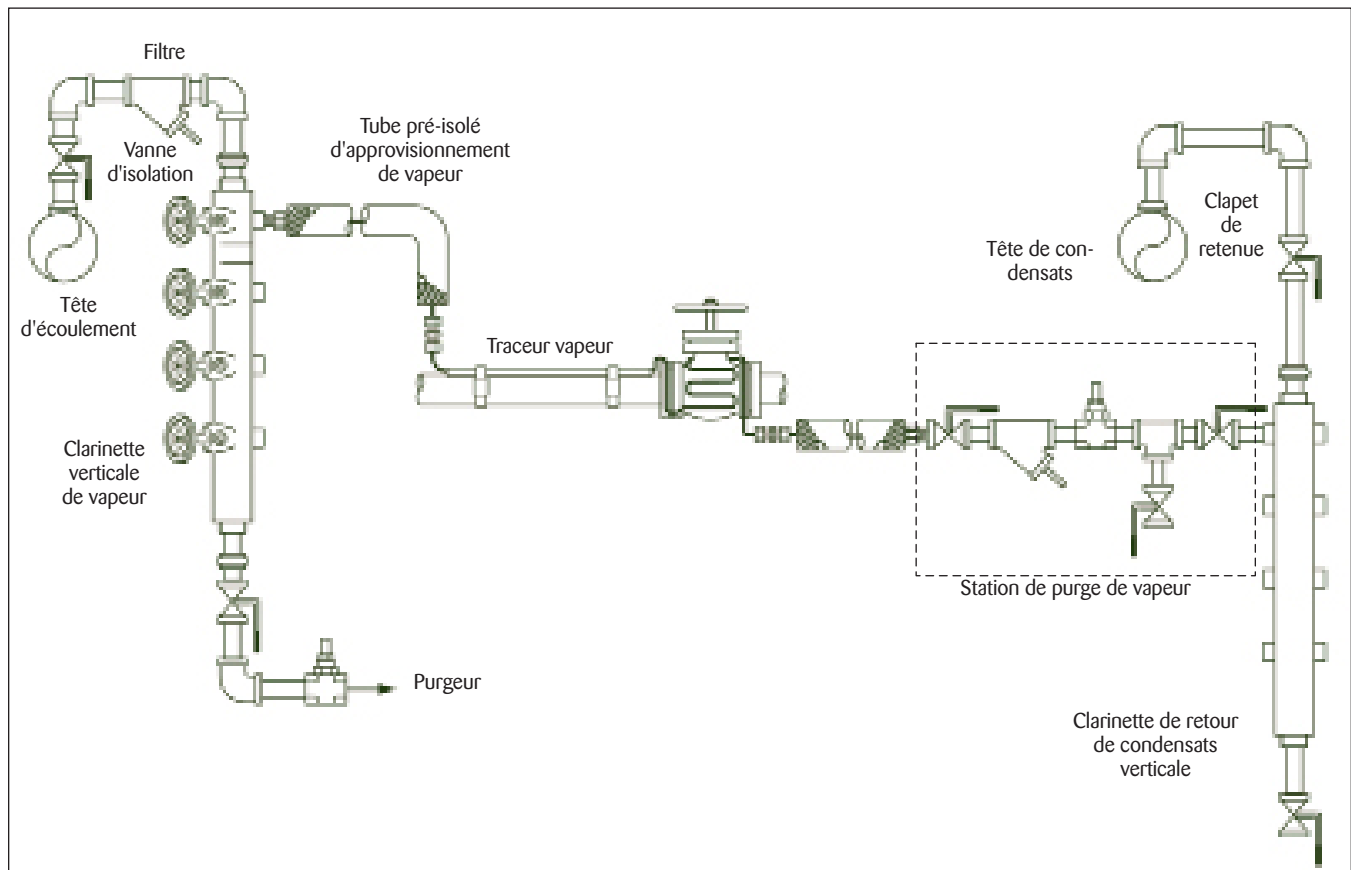
SOMMAIRE :

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 de la 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. La 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'une pipeline équipée d'un traceur, contrairement à un traceur nu, qui diminue le taux de transmission thermique depuis le traceur au tuyau.

Schéma 5
Système de traçage vapeur caractéristique





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

Schéma 6
Station de réducteur de pression de vapeur

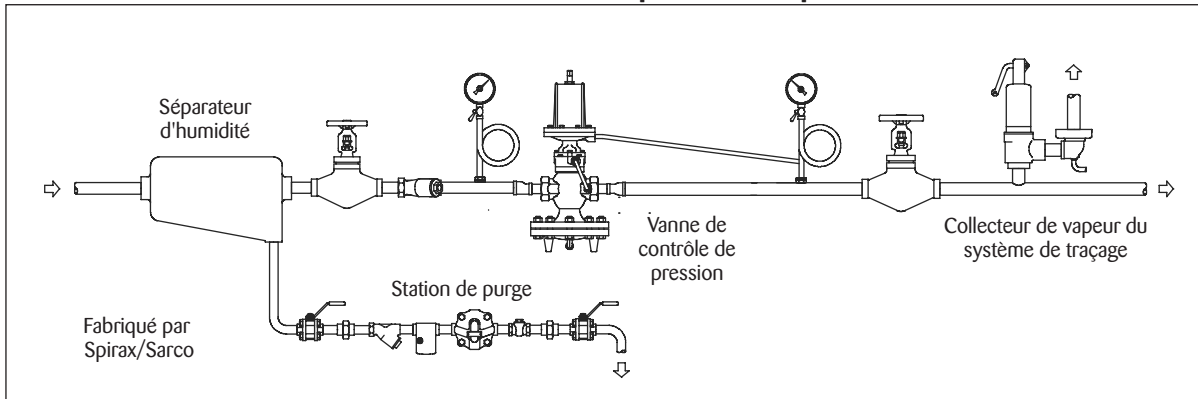


Schéma 7
Traçage avec contrôle par capteur de pipeline autonome

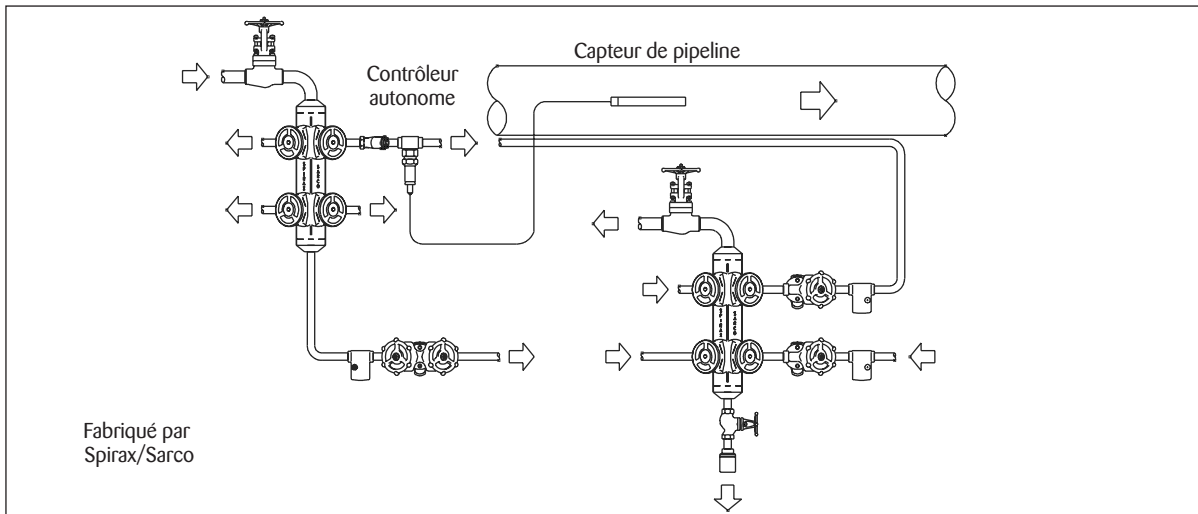
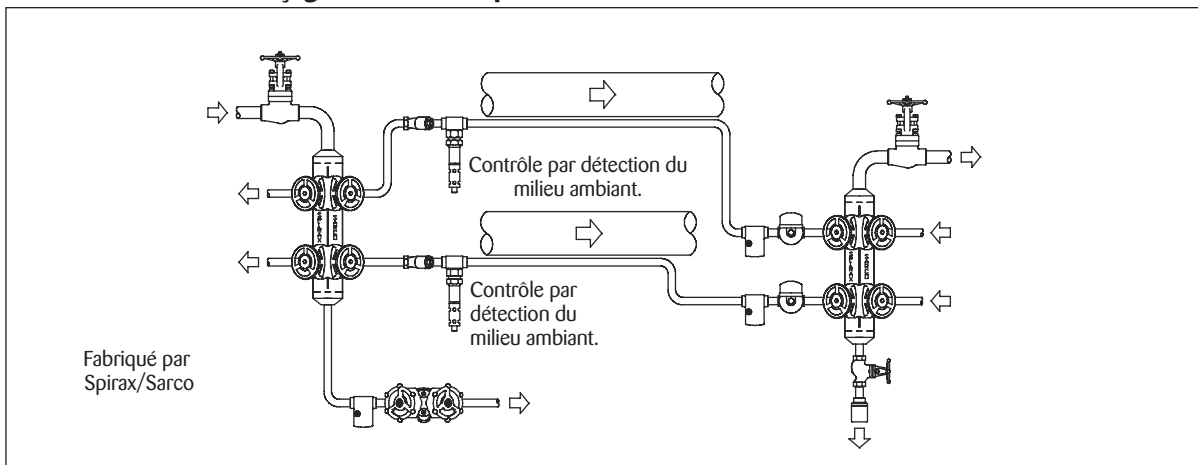


Schéma 8
Traçage avec contrôle par détection du milieu ambiant autonome.





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

Schéma 9
Contrôle par retenue de condensats

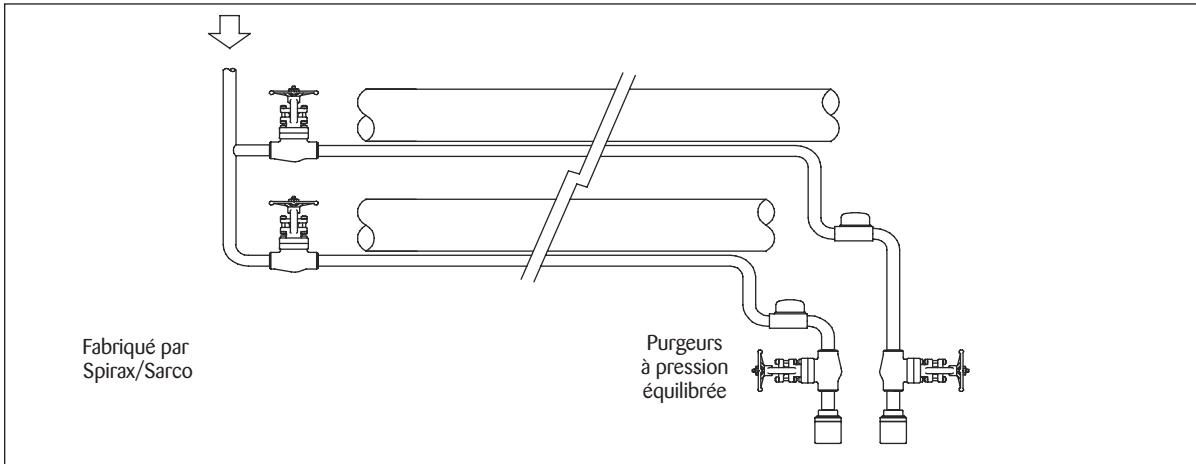
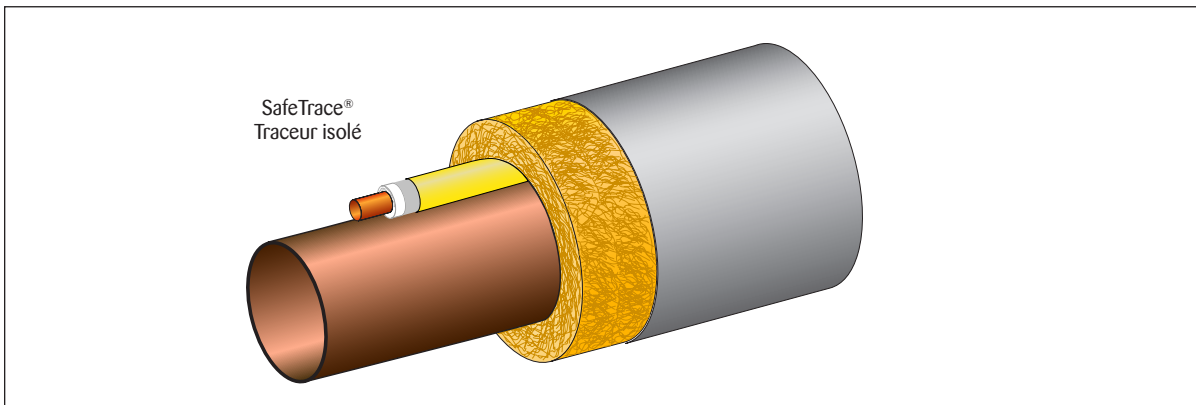
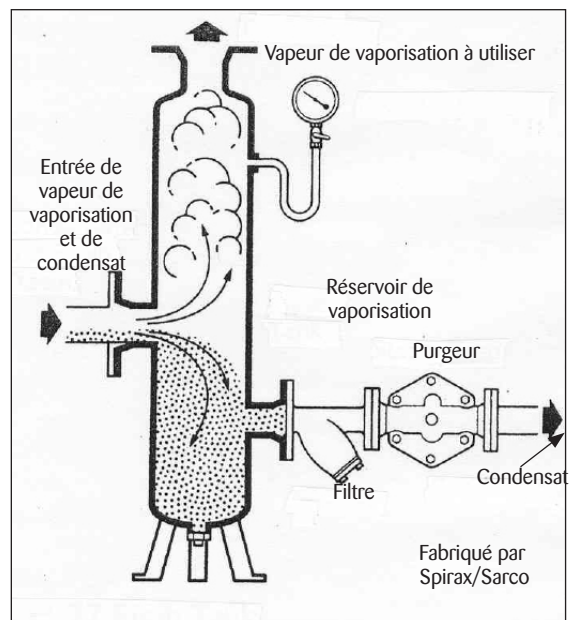


Schéma 10
Traceur vapeur isolé pour contrôle de température



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 COMPARAISON 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).⁶
- 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 de la 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 :⁶
 - 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 à froid du système.
- Pression de vapeur faible à la 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 transfert thermique est directement proportionnel à la chaleur (C_p), densité (ρ) et conductivité thermique (k) spécifique, et inversement proportionnelle à la viscosité (μ).

RESTRICTIONS DU TRAÇAGE DE FLUIDE CALOPORTEUR

- Les fluides caloporteurs possèdent, typiquement, une faible capacité thermique, surtout comparé au traçage vapeur. L'utilisation de multiples traceurs à fluide pourrait être nécessaire sur une 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 faites 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 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 éclaboussures sur l'environnement avec un 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 et restrictions des systèmes de traçage à fluide caloporteur, électrique et vapeur

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 longues pipelines de l'ordre de 25 km (15 miles) de long peuvent être chauffées en utilisant différents types de câbles chauffants ou de système de traçage thermique à effet de peau.
- Le traçage électrique est recommandé pour les lignes de tuyaux 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, il n'y a aucun raccordement ou 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 sont réduits.
- Au cours de son histoire, le traçage électrique a fait la preuve d'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 homologué 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 lourdes, 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 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



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

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) supérieure à la température minimale d'inflammabilité. » D'une façon générale, la vapeur fournie à des fins de traçage ne dépasse pas les limites de températures notées ci-dessus pour la majorité des hydrocarbures. De plus, la majorité des lignes de production de vapeur de nos jours 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 :
 - Les détendeurs-régulateurs de pression qui varient la pression de vapeur et donc la température de la vapeur.
 - Les traceurs isolés qui offrent une piste conductrice afin de réduire les températures et conserver l'énergie pour les lignes transportant des matériaux tels que l'amine, les produits caustiques, les résines, l'eau, l'eau usée, ou pour maintenir les températures de pipeline avec de la vapeur de 10,3 barg à 17,2 barg (150 psig à 250 psig) sans avoir besoin de détendeurs-régulateurs qui seraient nécessaires pour des traceurs vapeur nus en vue de limiter la sortie de chaleur.
 - Des vannes de contrôle automatique équipées de capteurs qui répondent à la température de l'air ambiant ou à la température de process du tuyau.
 - 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 vannes électromagnétiques à contrôle thermostatique, qui peuvent offrir un fonctionnement de marche/arrêt. Le thermostat sert uniquement au régime de fonctionnement asservi, et le contrôle marche/arrêt offre au circuit du traceur l'avantage complet du fluide chauffant pendant le 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 énergétique constante et qui circule par son propre pouvoir. Lorsque la vapeur se condense en eau saturée dans le traceur, elle laisse un espace volumétrique qui se remplit constamment par la vapeur sous pression. Ce processus perpétuel maintient le flux de la vapeur aussi longtemps que le système fonctionne.

RESTRICTIONS DU TRAÇAGE VAPEUR

- Le traçage vapeur n'est pas recommandé en général pour une utilisation avec des tuyauteries ou récipients non métalliques ou revêtus alors qu'il se peut que les traceurs modernes isolés soient applicables dans certains cas.
- Les traceurs vapeur requièrent des connexions, qui sont susceptibles de générer des fuites. Toutefois, les raccords à compression moderne fabriqués avec précision peuvent offrir une connexion étanche lorsqu'ils sont bien installés.
- Chaque cycle d'un purgeur à flotteur inversé ou purgeur thermodynamique utilise un certain volume de vapeur afin d'exécuter sa fonction. Une perte de vapeur survient également dans les purgeurs thermostatiques en raison d'un court laps de temps dans la fermeture de la soupape alors que le dernier condensat restant sort et la vapeur entre. Les purgeurs à impulsion perdent continuellement de petites quantités de vapeur à travers l'orifice pilote. En outre, chaque purgeur comporte quelques pertes par rayonnements. Le fournisseur de purgeur vapeur doit être capable de fournir la perte de vapeur typique en kilos (lb) par heure pour le purgeur choisi en particulier. Un fabricant déclare que la vapeur opérationnelle perdue à partir des purgeurs vapeur est au maximum 0,90 kg (2 lbs).⁷ Pour des petits purgeurs de traceur vapeur, la perte de vapeur par heure est estimée entre 0,22 kg et 0,45 kg (0.5 lb à 1.0 lb).
- Le collecteur de vapeur et les lignes de retour du condensat offrant du service aux traceurs vapeur perdra une certaine quantité de l'énergie-vapeur même s'ils sont recouverts de calorifuge. Le collecteur de vapeur et les lignes de retour du condensat offrant du service aux traceurs vapeur perdra une certaine quantité de l'énergie de vapeur même s'ils sont recouverts de calorifuge. Le producteur de vapeur et la clarinette de retour du condensat perdent également une certaine quantité d'énergie-vapeur. Cependant, les pertes d'énergie peuvent être réduites par l'application de calorifuge sur les conduites et équipements de vapeur.
- Les purgeurs vapeur défectueux peuvent contribuer à la perte de l'énergie-vapeur sur des conduites tracées à la vapeur. Une source déclare : « les dysfonctionnements de purgeurs vapeur sur une base régulière de 3 à 10 % contribuent au flux de la vapeur vive dans la canalisation de retour⁸. » Une autre source déclare : « pour les systèmes faisant l'objet d'une maintenance régulière, moins de cinq pour cent des purgeurs font l'objet de fuites⁹. »



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

La taille d'orifice la plus commune pour les purgeurs vapeur qui desservent les traceurs vapeur est de 3,0 mm pour les purgeurs de dimensions métriques et 1/8" pour les tailles en pouce-livre. Les pertes approximatives de vapeur pour les purgeurs qui fonctionnent mal dans le service du traceur sont affichées dans le Tableau 2 et le Tableau 2 ci-dessous. Un bon programme de maintenance aide à réduire les pertes d'énergie des purgeurs vapeur comme décrit sous REMARQUE ci-dessous.

Tableau 1

Perte d'énergie approximative due aux fuites de purgeur vapeur kilogrammes/heure			
Diamètre de l'orifice du purgeur mm	Jauge de pression de 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 d'énergie approximative due aux fuites de purgeur vapeur livres/heure			
Diamètre de l'orifice du purgeur pouces	Jauge de pression de 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

Un fabricant majeur de purgeur estime qu'en moyenne, chaque purgeur défectueux perd plus de 400 000 livres (environ 180 000 kg) de vapeur en une année.² En choisissant la colonne de 7.0 Bar g et la taille d'orifice de 3,0 mm du Tableau 2 et en considérant 8400 heures par an pour tenir compte d'un délai d'exécution de deux semaines, la perte par purgeur sera de 22,2 x 8400 = 186 480 kg/an (186 480 x 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 x 8 400 = 405 720 lb/an de pertes annuelles de vapeur. Par conséquent, la déclaration du fabricant de purgeurs fournit une valeur réaliste.

Les systèmes de surveillance de purgeur vapeur sont disponibles auprès de la plupart des principaux fabricants de purgeurs et ils peuvent contribuer à réduire les pertes de vapeur dues aux purgeurs qui fonctionnent mal s'ils sont installés et mis en service de façon appropriée. Une surveillance régulière continue identifie les dysfonctionnements comme les fuites ou l'accumulation de condensats.

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. L'application spécifique

Information typique requise pour commencer une évaluation.

- Usine/Emplacement
- Données climatologiques :
 - Températures ambiantes minimum
 - Températures ambiantes maximum
 - Conditions ambiantes moyennes annuelles
- Matériaux de process, de service public ou de service qui doivent être chauffés
 - Propriétés
 - Spécifications
 - Heures de traitement
 - Exigence de réchauffement
 - Voie d'écoulement des fluides de process
- Contrôle de la température des produits et exigences de surveillance
- Énergie : Emplacement; Type; Quantité; Qualité; Coût
 - Classification des zones
 - Coût de l'énergie électrique
 - Tension
 - Coût de l'énergie-vapeur
 - Pression de vapeur
 - Coût de fluide de transfert thermique y compris le réchauffeur monobloc
- Tuyauterie : Matériaux; Longueurs, Tailles; et Catégorie
 - P et diamètre interne 17
 - Isométriques de tuyauterie
 - Liste des conduites de la tuyauterie; etc.
- Isolation: Type, épaisseur et membrane anti-intempéries
- Main-d'œuvre : Tarifs et heures de maintenance requises :
- Alternatives de système de traçage à l'examen

2. Performance fonctionnelle du système de traçage

Tout d'abord, une méthode de traçage considérée doit être capable de satisfaire les exigences fonctionnelles de la tuyauterie et de l'équipement de process qui doivent être tracés. Le système de traçage doit réchauffer et maintenir le système de tuyauterie à la température prescrite. 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 maximums de la température du tuyau, du produit, du réchauffeur et de l'isolation ne doivent



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

pas être dépassées dans des conditions normales et anormales. Le système de contrôle de la température, s'il en faut un, doit fournir la précision de contrôle requise. Un système d'alarme de la température pourrait être requis également afin de satisfaire les spécifications en matière de sécurité ou de production. Les opérations pourraient exiger la surveillance du système de traçage. Ces considérations sont toutes nécessaires pour arriver à un système opérationnel.

3. Performance énergétique du système de traçage/ tuyauterie

Les caractéristiques de consommation énergétique d'un système de traçage sont principalement en fonction de ce qui suit :

- Système d'isolation
- Type de système de traçage Contrôle De Température
- 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 optimum de l'isolation est établie en estimant les coûts suivants pour une épaisseur d'isolation donnée :

- Le coût annualisé du système d'isolation y compris l'installation et la maintenance
- Le coût annualisé de l'énergie perdue.

L'épaisseur optimum de l'isolation correspond à l'épaisseur pour laquelle la somme de ces coûts est un minimum.

Isolation annualisés et coût énergétique par l'utilisation de 3E Plus®

L'épaisseur de l'isolation peut être établie par l'utilisation de 3E Plus, un programme informatique d'épaisseur d'isolation à télécharger GRATUITEMENT sur www.pipeinsulation.org Il est conçu pour les Gestionnaires des installations, Gestionnaires de l'énergie et de l'environnement et Ingénieurs de process industriels.

Programme 3E Plus :

- Calcule la performance thermique des tuyauteries et équipements isolés et non isolés
- Traduit les pertes en Btu en dollars réels

- Calcule les émissions et les réductions de gaz à effet de serre
- Utilisé comme un outil dans plusieurs programmes DOE

3E Plus simplifie la tâche de déterminer l'isolation nécessaire afin d'utiliser moins de carburant, de réduire les émissions de l'usine et d'améliorer l'efficacité du process. Les informations décrites dans les présents proviennent de INSULATION OUTLOOK MAGAZINE, décembre 2002 sur www.insulation.org.

Contrôle de la température de traçage

Lorsqu'aucun matériau ne circule dans un système de tuyauterie, un contrôleur de détection de la température du tuyau, qui active et désactive le système de traçage, réduit la consommation énergétique en permettant au traceur de libérer uniquement cette énergie qui est requise pour maintenir la 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 détectent la température ambiante au lieu de la température du tuyau, sont moins conservateurs en énergie puisque ces contrôleurs permettent une excitation continue du traçage lorsque la température ambiante est au-dessous du point du contrôleur. Il en résulte que le traçage a une consommation énergétique supérieure. Bien que des méthodes de contrôle sont disponibles pour les systèmes de traçage vapeur, elles ne sont pas appliquées largement en raison de l'indifférence de l'utilisateur.

Source thermique

- La consommation énergétique des traceurs électriques à résistance en parallèle et en série est limitée à la capacité de chauffage par effet Joule (I^2R) du câble. La majorité des usines ont une électricité disponible pour le traçage électrique, qu'elle soit achetée ou produite sur le site de l'usine (cogénération)
- Les traceurs vapeur sont une source constante de chaleur de la température. Leur consommation énergétique est proportionnelle à la température du vapeur moins le différentiel de température du tuyau. Lorsque des scénarios de contrôle ne sont pas employés, la consommation énergétique d'un traceur vapeur augmente lorsque la température du fluide de process est inférieure à la température d'équilibre circulant dans le tuyau du process.
- Un système de traçage à fluide caloporteur a besoin de multiples circuits de traçage avant qu'il ne le devienne nécessaire en raison du coût de l'unité de manutention de fluide. Les unités de manutention de fluide sont composées de 1) d'un réservoir de dilatation et 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, et une méthode de contrôle de température/flux pour maintenir les températures requises pour le fluide caloporteur



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

et les tuyaux de processus. dilatation et un coec Il est possible de réaliser le contrôle de la température du process par des vannes de débit pour plusieurs utilisateurs ou par un capteur de température du process qui contrôle le chauffage pour des utilisateurs individuels. Les traceurs à fluides thermiques fonctionnent soit alimentés aux hydrocarbures, à la vapeur ou par des résistances électriques. Le coût total de l'installation, les coûts énergétiques, et le schéma opérationnel prévu doivent être considérés en choisissant le type de chauffage pour le système.

4. Coût d'installation du système de traçage

Les coût d'installation du traçage vapeur, à fluide et électrique dépend fortement de :

- Complexité de la tuyauterie
- Surveillance de contrôle/maintien de la température

Classification des zones

Complexité de la tuyauterie

Les câbles de traçage électrique sont normalement plus flexibles que les tubes et donc la durée de l'installation est inférieure) pour les projets réguliers tels que vannes, pompes, filtres, coudes, etc. À titre de compromis, cependant, le nombre de circuits et de contrôleurs électriques augmente au fur et à mesure de l'augmentation de la complexité et augmente par conséquent le coût de comparaison d'un traçage électrique à un traceur vapeur non contrôlé.

Supervision du contrôle/maintien de la température

L'installation du contrôle/surveillance de température du tuyau peut être aussi simple qu'un thermostat d'indication mécanique de marche/arrêt ou il peut être aussi sophistiqué qu'un lot de contrôle basé sur un microprocesseur. Dans le cas d'un traçage vapeur, les appareils de contrôle et de surveillance sont disponibles mais sont rarement utilisés. Les coûts relatifs des systèmes de traçage vapeur, électrique ou à fluide caloporteur sont liés dans une certaine mesure par le contrôle/la surveillance appliquée à chaque système. L'efficacité du traçage vapeur dépend en grande partie du maintien des pertes d'énergie des purgeurs vapeur défectueux à un minimum.

Avec l'emploi des systèmes de contrôle mentionnés ci-dessus, les circuits de traçage électrique peuvent maintenir des températures de tuyau à 5°C (40°F) pour la mise hors gel par l'utilisation de contrôles simples prédéfinis, ou de thermostats de contrôle réglables pour la mise hors gel et le maintien de la température. Les appareils de contrôle et de surveillance de température à base de microprocesseur pour des circuits uniques, doubles ou multiples peuvent fournir un contrôle de température jusqu'à

500°C (932°F).

Les systèmes de traçage à fluide caloporteur peuvent maintenir des températures très proches pour des applications à température faible ou élevée et peuvent être contrôlés par des vannes de contrôle et/ou systèmes de contrôle basés sur un microprocesseur. Certaines fluides caloporteurs peuvent être utilisées dans une plage de température de 260°C à 400°C (500° F à 750° F) qui est au-delà de la plage de températures normalement associée au traçage vapeur. Le traçage électrique (chauffages d'isolation minérale en Alliage 825) peut montrer un avantage sur des circuits individuels de tuyauterie à ces températures en raison du coût d'un appareil de chauffage de fluide caloporteur.

Le traçage vapeur est en général associé à la diffusion de chaleur élevée pour des applications où la vapeur dans la plage de pression de 3 barg à 21 barg (50 à 300 psig) est utilisée. Toutefois, de nouveaux traceurs isolés ont été conçus pour fournir une méthode de traçage vapeur pour une délivrance de chaleur faible ou moyenne afin de maintenir les températures du pipeline à partir de 5°C (40°F) à 93°C (200°F). Ces traceurs sont utilisés pour de nombreuses applications où la chaleur douce est requise pour des matériaux tels que soude caustique, résines, amine, etc. Les méthodes de contrôle incluent la détection du milieu ambiant, la détection du tuyau, les purgeurs de contrôle de condensat et les traceurs isolés. Toutefois, lorsque des différentiels de température très proches sont requises; les méthodes de traçage électrique, ou à fluide caloporteur sont en général le meilleur choix. Dans des applications à diffusion de chaleur élevée, le traçage à fluide caloporteur et le traçage électrique pourraient exiger de nombreux passages. Ainsi, le traçage vapeur a normalement un coût d'installation relatif plus favorable lorsque des applications de charge thermique supérieure et de chauffage rapide sont considérées.

Classification des zones

Dans des zones dangereuses, les sorties de watt par pied pourraient être limitées afin de satisfaire les restrictions de l'emballement de la température. De nouveau, cela peut entraîner plusieurs passages de câble chauffant et pourrait provoquer des coûts d'installation accrus. Un réchauffeur constant de la température comme la vapeur en général ne relève pas de ces restrictions de l'emballement de la température comme décrite précédemment et alors, pourrait apprécier l'avantage de coût d'installation résultant de l'installation de passages de traceurs moins nombreux.



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

RÉSUMÉ

Il est important de comprendre qu'aucune méthode unique de traçage n'est meilleure pour chaque situation. L'application spécifique à l'examen avec ses exigences particulières doit être le facteur déterminant de la méthode de traçage à employer.

En fait, des situations existent où une, deux d'entre elles ou toutes les trois méthodes décrites dans les présents pourraient être utilisées aux fins d'avantage économique dans une usine industrielle. La vapeur pourrait être disponible et le meilleur choix pour le traçage dans une unité, alors que le traçage électrique ou à fluide est le meilleur choix dans une autre. La majorité des grandes usines de raffinerie et chimiques en général possèdent un traçage vapeur et électrique qui sont utilisés dans toute l'usine. L'industrie textile comporte souvent des systèmes de traçage vapeur et à fluide caloporteur pour des températures plus élevées.

Il est possible de faciliter la décision de traçage pour des utilisateurs qui ne disposent pas d'une source de vapeur. Il est douteux qu'une personne s'investisse dans une chaudière à vapeur aux fins de traçage uniquement. De l'autre côté, lorsque la vapeur est utilisée dans une usine à d'autres fins, il pourrait y avoir un surplus de vapeur disponible qui doit être soit utilisé ou perdu. Dans ce cas, l'initiative d'utiliser le traçage vapeur ou un réchauffeur de fluide à vapeur aux fins de traçage de liquide sera incontestable.

Un fabricant de systèmes de traçage externe (www.thermon.com) a eu une expérience directe avec la conception, la fourniture et l'installation de traçage vapeur, électrique et à fluide pendant presque 50 ans. Les connaissances acquises dans la science de transfert thermique externe à travers des applications sur terrain et les installations d'essai de l'entreprise ont été assemblées et les données programmées en un lot d'analyse informatique complet appelé AESOP ou Programme d'optimisation avancée de vapeur et électrique. Aujourd'hui, un système optimum de traçage pour une usine en particulier en cours d'évaluation peut être sélectionné convenablement sans tenir compte du degré de complexité.

Notes de bas de page 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 and 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 lors de la conférence IEEE Cement Industry Technical Conference de 1972.
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 à partir d'une fiche descriptive d'Energy TIPS qui a été publiée initialement par le Service industriel d'extension de l'énergie de Georgia Tech. »
10. Rapport 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 ».