



Cuves et tuyauteries

ECONOMIES D'ÉNERGIE DANS L'INDUSTRIE

TOUS CONCERNÉS



Fibres de laine de roche au microscope – Source : Rockwool

Vous transportez des gaz ou des fluides froids ou chauds, de la vapeur, de l'air comprimé ? Vous les stockez ? C'est tellement banal qu'on finirait par oublier qu'il n'y a pas que l'énergie des process et des bâtiments à passer en revue : dans les cuves et les réseaux de tuyauteries aussi, d'importants gisements d'économie d'énergie existent. La mise en œuvre de bonnes pratiques permet d'améliorer sensiblement les performances énergétiques globales de vos installations et ainsi de générer des gains.

Dans un diagnostic énergétique de votre activité, ne passez pas à côté de vos cuves et tuyauteries, que ce soit au sein même de votre procédé (transport et stockage de gaz ou de matière liquide ou visqueuse ou pulvérulente, à température ambiante ou plus chaude ou plus froide) ou au niveau des installations de production et de distribution des utilités et autres fluides auxiliaires comme : la vapeur, l'eau (de refroidissement ou de chauffage), le froid, l'air comprimé, la ventilation.

Il n'y a pas que les tuyauteries et les cuves elles-mêmes qui méritent votre attention, mais également leurs « accessoires » : purgeurs, vannes, raccords, etc.

On peut identifier trois types de pertes d'énergie sur un réseau de tuyauteries :

- pertes de chaleur ou de froid
- pertes de fluide (air comprimé, vapeur)
- pertes de charge

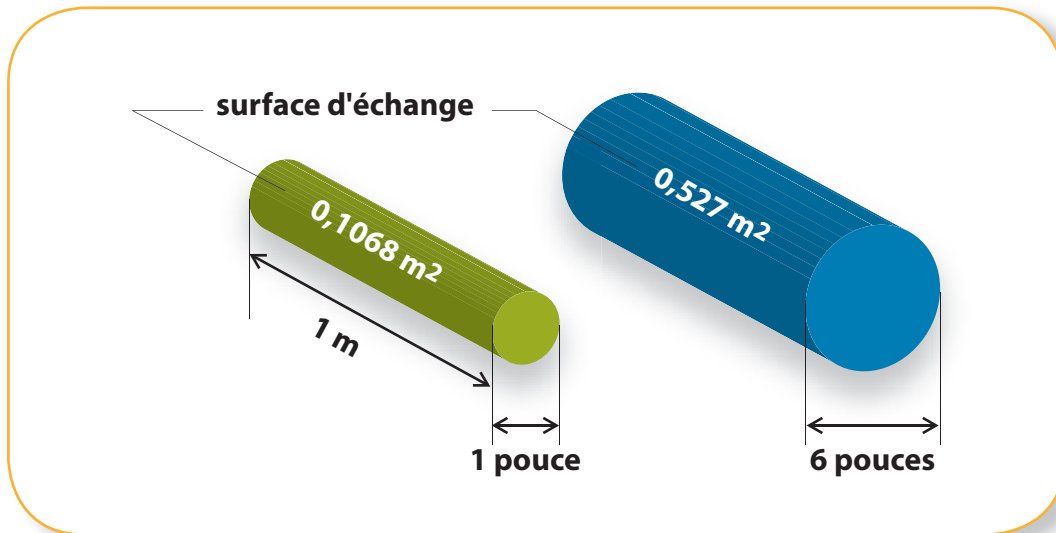
Quant-aux cuves (cuves de stockage, d'homogénéisation, etc., ou encore des réacteurs chimiques), elles aussi risquent de perdre de la chaleur ou du froid, de l'air comprimé, de la vapeur. Et dans certains cas (chimie, industrie alimentaire, pâte à papier, etc.) on devra régulièrement utiliser de l'énergie pour les nettoyer.

Pertes de chaleur ou de froid

Quelle est ma surface d'échange ?

1 m de tuyau en acier de 1 pouce de diamètre, non isolé, représente une surface d'échange de $0,034 * 3,1416 = 0,1068 \text{ m}^2$.

1 m de tuyau en acier de 6 pouce de diamètre, non isolé, représente une surface d'échange de $0,168 * 3,1416 = 0,527 \text{ m}^2$.

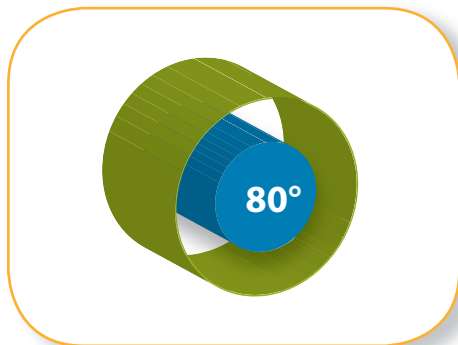


Source : Forem Formation

Petit calcul : je perds combien sur une tuyauterie non isolée ?

Si j'ai 20 m de tuyauterie DN 50 (2 pouces) non isolée, dans laquelle circule de l'eau à 80°C, dans une chaufferie à 20°C :

- Puissance perdue = $130 \text{ (W/m)} * 20 \text{ (m)} = 2,6 \text{ kW}$
- Si la circulation fonctionne toute l'année, l'énergie perdue = $2,6 \text{ (kW)} * 8760 \text{ (h/an)} / 0,8 = 28\,470 \text{ kWh / an}$ (avec 0,8 = le rendement saisonnier de la chaudière)
- En comptant que $28\,470 \text{ kWh} = 2\,847 \text{ litres de fuel ou m}^3 \text{ de gaz}$, le coût de cette perte est de l'ordre de 108,63 € par an et par mètre de tuyau non isolé (pour un fuel à 0,765 € par litre)



Source : Forem Formation

Et pour les vannes ?

Les vannes, brides et raccords sont une source fréquente de perte d'énergie. Les fabricants expriment souvent ces pertes en « longueur équivalente » de tuyauterie.

Pertes thermiques des vannes

Diamètre intérieur (pouces)	Diamètre extérieur (mm)	Vanne non isolée (W/m ²)	Vanne isolée (W/m ²)	Economie (W/m ²)
½	21	48	17	31
1	33	88	31	57
1 ½	48	124	43	81
2	60	158	55	103
3	89	226	79	147
4	114	292	102	190
5	140	358	125	233
6	169	420	147	273

Source : Rockwool

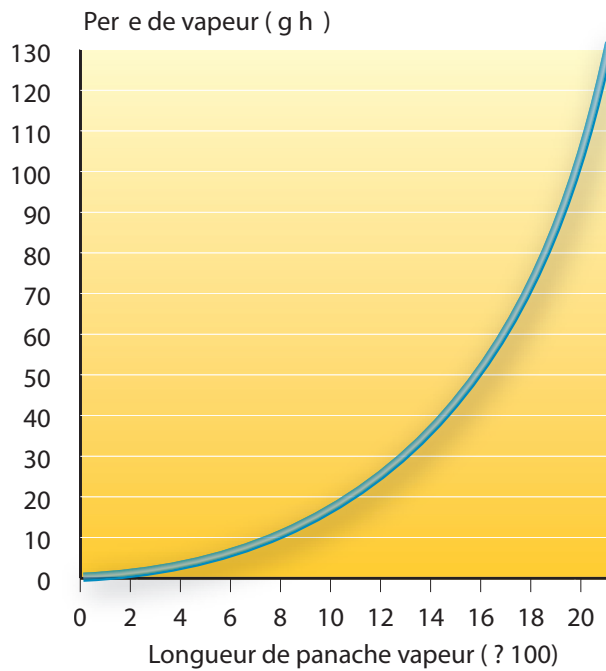
Pertes de fluide (air comprimé, vapeur)

Les pertes de vapeur et d'air comprimé sont un fléau énergétique !

Exemples :

- En air comprimé, un trou de 1mm de diamètre sous 7 bar occasionne une perte de 5 Nm³/h d'air. 15 à 50 % de la production d'air comprimé passe par les fuites.
- En vapeur, un trou de 2 mm² sous 10 bars de pression consomme, en vapeur, 8 kWh/h.

On peut avoir une idée des pertes horaires de la vapeur dues aux fuites en mesurant la longueur du panache de vapeur, soit la distance approximative entre la source de fuite et le point où la vapeur se condense en eau. On lit ensuite la perte de vapeur par heure sur le diagramme ci-dessous.



Perte horaire de vapeur due aux fuites en fonction de la longueur du panache.
Source : Energie, Mines et Ressources Canada

- En système vapeur, surveillez vos purgeurs. Les pertes dues aux purgeurs de vapeur sont généralement causées par le mauvais fonctionnement d'un purgeur (fuite), la mauvaise sélection ou dimension d'un purgeur ou son mauvais emplacement. Sous 10 bar, un purgeur toujours en position ouverte peut entraîner une perte d'énergie supérieure à 40 000 kWh/an.

On peut calculer le gaspillage annuel d'énergie provenant d'un purgeur qui fuit à l'aide de l'équation suivante :

Perte d'énergie (kJ/an) = taux de fuite de vapeur (kg/h) * chaleur latente de la vapeur à la pression du système (kJ/kg) * durée de fonctionnement (h)

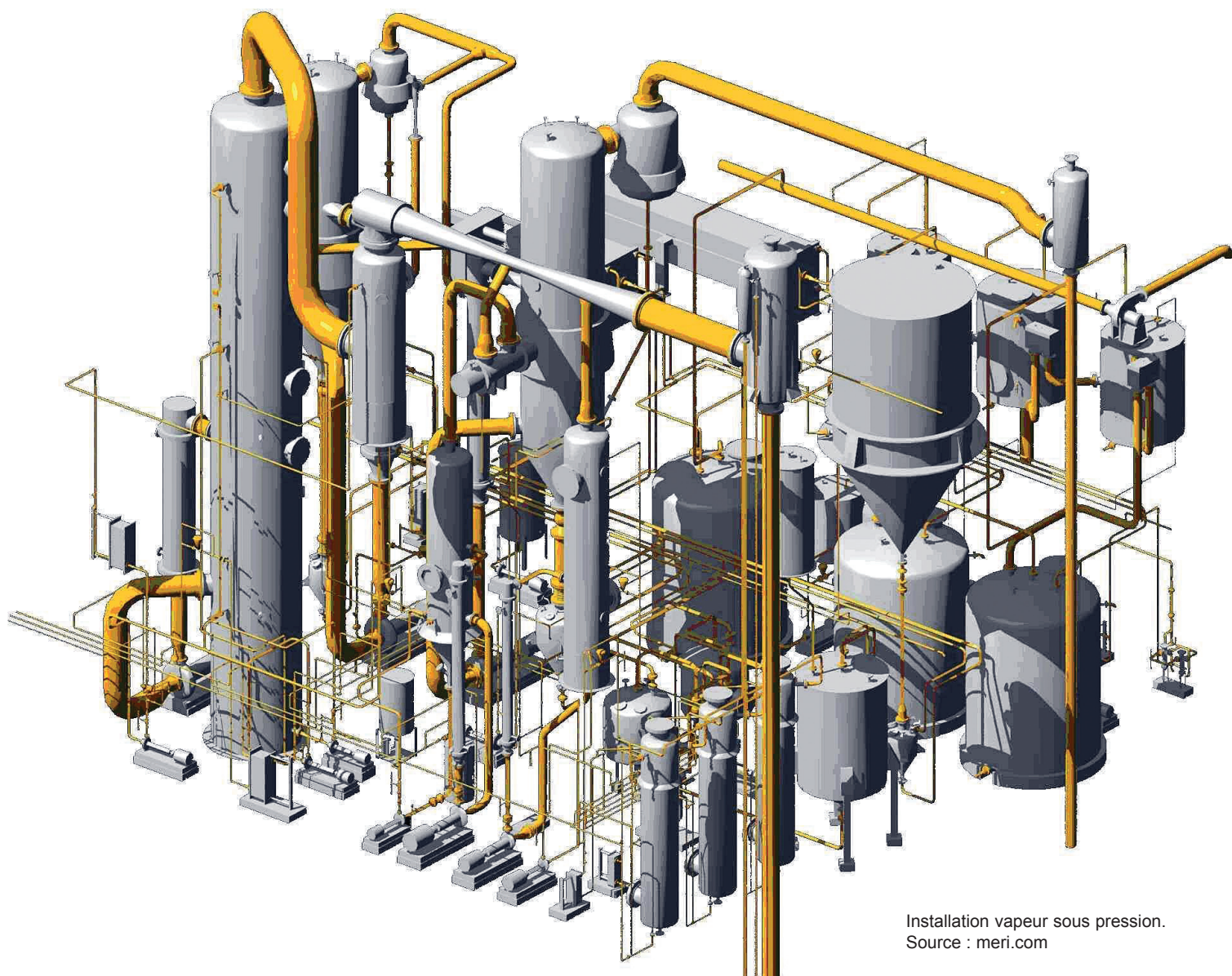
Des tables donnent les pertes de vapeur en fonction de la pression et du diamètre de l'orifice.

L'énergie de la vapeur

L'énergie transportée par la vapeur

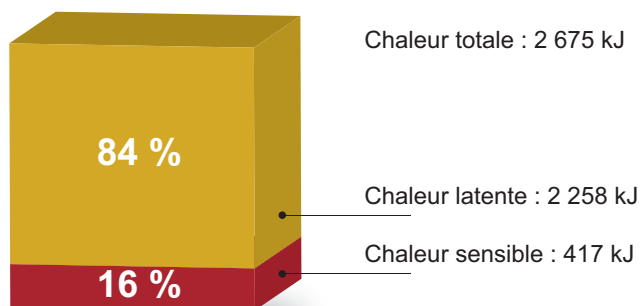
C'est par le changement de phase (liquide vapeur) en chaudière, que la vapeur est capable d'emmagasiner une grande quantité d'énergie, essentiellement sous forme de chaleur latente.

Energie vapeur saturée =
chaleur sensible (énergie de l'eau à la température de saturation)
+
chaleur latente (énergie de vaporisation ou de condensation)



Installation vapeur sous pression.
Source : meri.com

Chaleur totale d'1 kg de vapeur à pression atmosphérique



Source : Armstrong International

L'énergie cédée par condensation

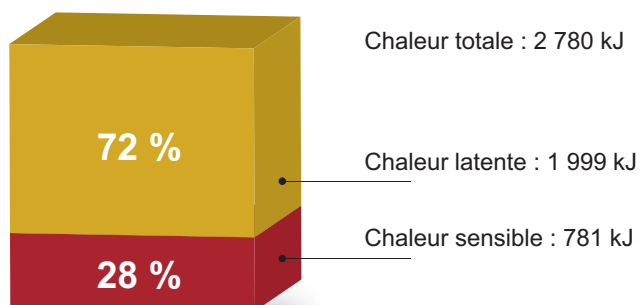
La vapeur sert à transporter l'énergie thermique qui lui a été fournie dans la chaudière. Dans le réseau, elle cède cette énergie aux différents postes consommateurs dans des échangeurs de chaleur ou des cuves à double enveloppe dans lesquels elle se condense. A ce moment, la vapeur cède sa chaleur latente (et éventuellement une petite partie de la chaleur sensible) et les condensats retournent en chaufferie. Une autre utilisation de la vapeur dans le réseau est l'injection directe de vapeur où la chaleur totale est transmise au consommateur ; mais les condensats sont « perdus » puisque non retournés en chaufferie.

Or si la pression de la vapeur augmente, l'énergie qu'elle emmagasine augmente légèrement, mais c'est surtout la répartition entre chaleur latente et chaleur sensible qui se modifie. Ainsi, plus la pression est élevée, plus la température de saturation l'est aussi et moins grande est la quantité de vapeur latente que la vapeur peut transporter.

Toujours si on augmente la pression de la vapeur, son volume spécifique diminue et on peut donc transporter l'énergie de cette vapeur dans des tuyaux de faible diamètre.

Lors de la condensation, la vapeur cède sa chaleur latente

Chaleur totale d'1 kg de vapeur à 10 barg



Source : Armstrong International

Caractéristiques de la vapeur saturée

Exemples

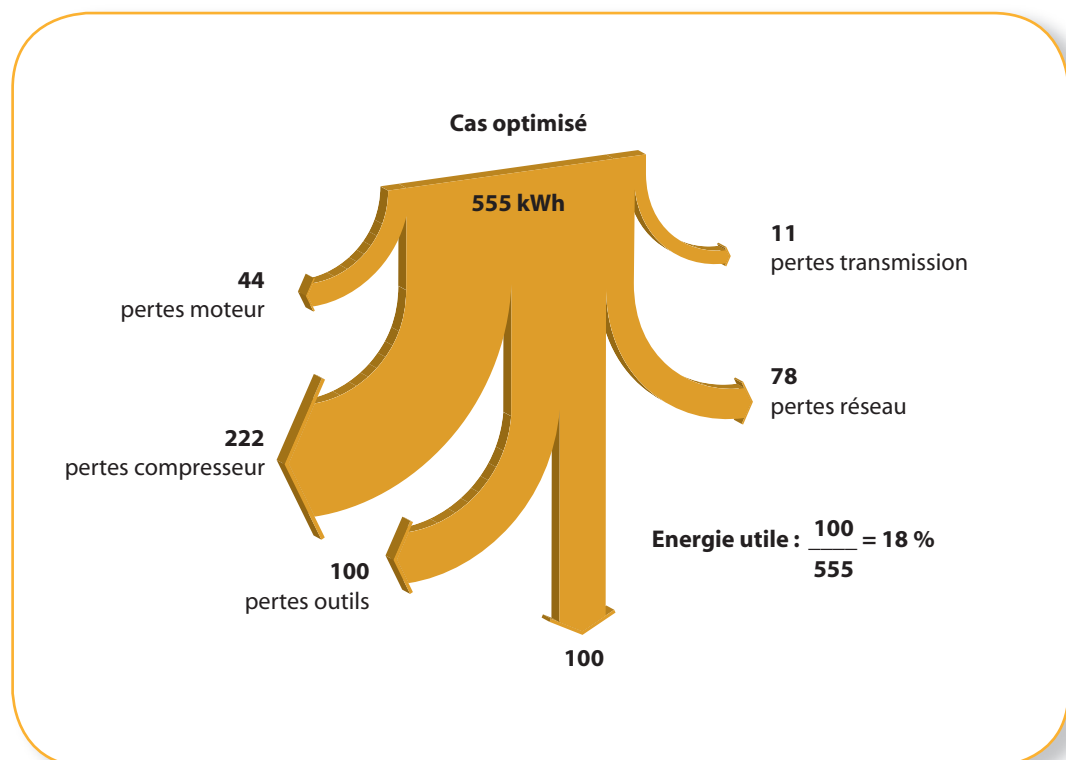
Pression (barg = bar relatif)	0	5	10
Température de saturation (°C)	100	158,9	184,2
Chaleur sensible (kJ/kg)	419,1	671,1	781,7
Chaleur latente (kJ/kg)	2 256,7	2 085,7	1 999,7
Volume spécifique (m³/kg)	1,6736	0,3150	0,1773

Source : Ademe

Ces différentes valeurs sont fournies par le diagramme entropique ou la table vapeur (téléchargeable par exemple sur www.thermexcel.com).

Le rendement global de l'air comprimé

Le rendement global thermodynamique d'une installation d'air comprimé est très faible, même dans un cas optimisé. C'est pourquoi ce vecteur d'énergie coûte si cher... et qu'il est si important d'agir sur les fuites.



Source : Ademe

Pertes de charge

L'augmentation des pertes de charge d'un réseau entraîne des surcoûts énergétiques au niveau des pompes, compresseurs, ventilateurs.

Des conduites mal dimensionnées au regard du débit et de la pression du fluide, les coudes, vannes et autres accessoires, augmentent les pertes de charge du réseau. L'encrassement des conduites ou des échangeurs qui se trouvent sur le circuit, provoque également une augmentation des pertes de charge du réseau.

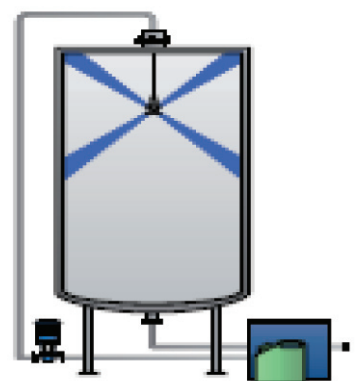
Par exemple, pour un réseau d'air comprimé :

- augmenter le diamètre des canalisations permet de réduire la vitesse de l'air et ainsi les pertes de charge ;
- boucler le réseau : rajouter quelques mètres de conduites afin de boucler le réseau permet de diminuer les pertes de charges en abaissant la vitesse de l'air ce qui se révèle être très vite rentable ;
- supprimer les parties de réseau non utilisées permet de réduire les pertes de charge et les fuites.

C'est du propre !

L'encrassement des conduites ou des échangeurs qui se trouvent sur le circuit, provoque une augmentation des pertes de charge du réseau. De plus, dans les applications où interviennent des échanges thermiques, l'encrassement des conduites diminue la performance de ces échanges.

Dans certaines applications (chimie, industrie alimentaire, pâte à papier, etc.), il faut régulièrement nettoyer les cuves. Cette opération consomme de l'énergie. Des techniques ont été développées pour permettre des cycles très courts (quelques minutes) de nettoyage automatique de cuves, apportant un gain à la fois en termes de temps d'immobilisation des équipements et en termes énergétiques.



Equipements rotatifs de nettoyage de cuves.
Source : Alfa Laval

Concevoir ou revoir vos réseaux de tuyauteries

Action :

Prenez le temps d'examiner d'un œil critique l'architecture d'ensemble de vos réseaux de tuyauterie, et prenez des mesures de rationalisation. En réseaux vapeurs, changez si nécessaire vos purgeurs afin qu'ils soient adaptés au système tel qu'il fonctionne.

→ Rationalisez votre réseau

Souvent, des modifications ont été apportées au système au fil du temps sans nécessairement tenir compte de l'ensemble du système. Rationaliser le réseau en limitant les longueurs de tuyauteries, le nombre de raccords, vannes, coudes, les piquages anarchiques, etc., sera bénéfique pour limiter les trois types de pertes : les pertes de charge, les pertes de chaleur ou de froid, et les pertes de fluides.

Pour les réseaux vapeur, si des modifications ont été apportées au fonctionnement du système il est important de vérifier si les purgeurs sont encore adaptés.

Action :

Assurez-vous du bon dimensionnement des conduites.

→ Tout commence par un bon dimensionnement

Le dimensionnement des conduites influence les pertes de charges dans les tuyauteries ainsi que les déperditions calorifiques. Si votre process a évolué, certaines parties de vos réseaux ne sont peut-être plus du tout adaptées aux débits.

Action :

Veillez à disposer d'un espace suffisant pour isoler, contrôler, entretenir, etc.

→ Gérez l'espace pour éviter les problèmes

Dès la conception, il faut gérer l'espace et les contraintes de dimensionnement.

Source : Forem Formation



Votre personnel porte-t-il suffisamment d'attention aux réseaux de tuyauteries?

→ Sensibiliser et former le personnel

Il est conseillé de donner des cours de formation au personnel de maintenance et d'exploitation, sur les mesures concrètes relatives à la gestion de l'énergie dans les installations dont ils ont la charge. Ces cours doivent leur enseigner à repérer les possibilités d'économies d'énergie et à réagir immédiatement en adoptant les mesures appropriées. Dans la mesure du possible, on recommande d'utiliser les mêmes équipes de maintenance afin d'assurer l'uniformité dans la vérification des possibilités d'économies d'énergie.

Comment éviter que votre personnel et sous-traitants marchent sur les isolants ?

- Toutes les parties de l'installation doivent être facilement accessibles ;
- Prévoir si nécessaire des ponts de marche au-dessus du tracé des tuyauteries ;
- Marquer clairement où se trouvent les chemins de passage ;

L'importance d'une maintenance régulière

→ Planifier des inspections régulières et des périodes de maintenance des installations

Des inspections régulières doivent permettre :

- de détecter les fuites au niveau de la tuyauterie et des accessoires et d'identifier les travaux nécessaires, de resserrer les brides. L'étanchéité est indispensable pour maintenir des conditions opératoires (température, pression) optimales ;
- de veiller à la bonne tenue du calorifuge, de replacer correctement celui qui aurait été déplacé ;
- de détecter les purgeurs défectueux (systèmes vapeur).

Un programme de maintenance complet doit programmer au moins une période annuelle pendant laquelle différents travaux seront réalisés :

- réparation des fuites ;
- entretien des calorifuges, remplacement si nécessaire ;
- entretien des purgeurs des systèmes vapeur et remplacement des purgeurs défectueux (tout en veillant à l'adéquation et l'harmonisation du type de purgeur utilisé) ;
- nettoyez les conduites pour éviter leur encrassement. L'optimisation de la fréquence de nettoyage doit tenir compte des surcoûts énergétiques provoqués par l'encrassement ;
- by-passer ou démanteler les parties de réseaux inutilisées.

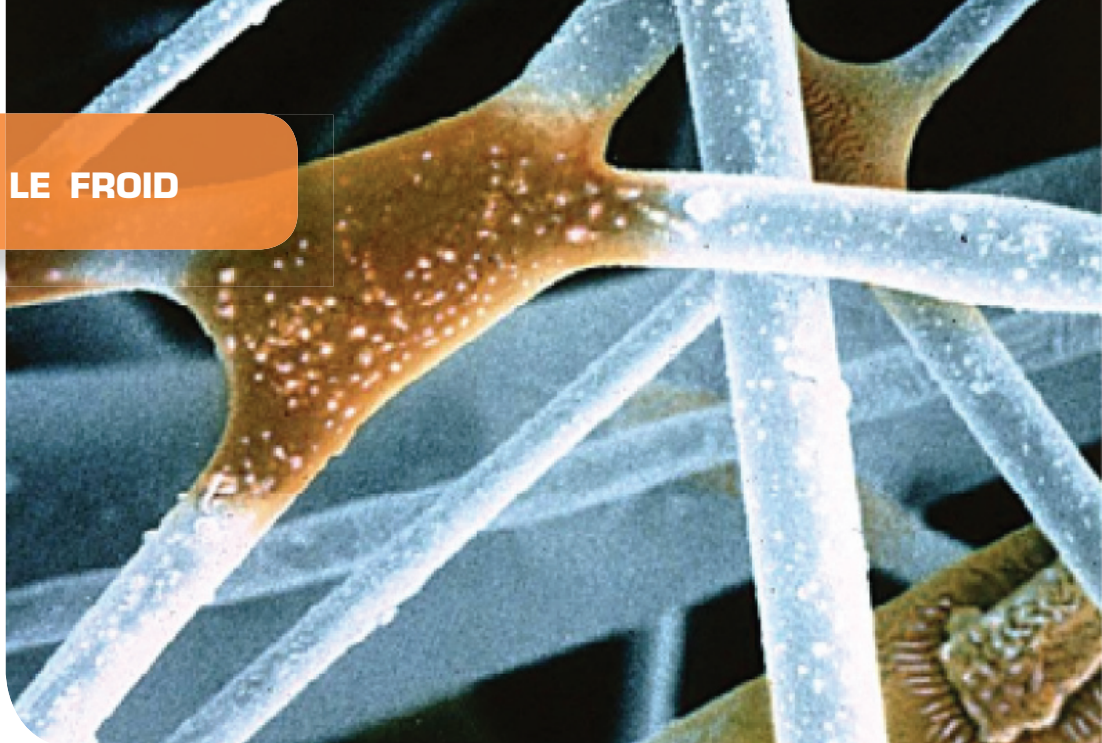
Action :

Initiez en interne un programme de formation du personnel de maintenance et d'exploitation, sur les mesures concrètes relatives à la gestion de l'énergie dans les installations dont ils ont la charge. N'oubliez pas les éventuels sous-traitants.

Action :

PAVÉ « ACTION » : Organisez des inspections régulières, planifiez et réalisez des périodes de maintenance où seront prévues les réparations de fuites, l'entretien des calorifuges, le remplacement des purgeurs défectueux, etc.

POUR LE CHAUD ET LE FROID



Fibres de laine de roche au microscope – Source : Rockwool

Avec quoi calorifuger ?

Il existe toute une gamme de produits de calorifugeage, déclinés sous plusieurs formes (en coquilles, en matelas sur treillis, en panneaux industriels, en vrac).

Coquilles en :

- polystyrène
- polysocyanurate
- verre cellulaire (de + 430 °C à – 260 °C)
- silicate de calcium
- laine de verre
- laine de roche
- caoutchouc synthétique
- polyuréthane
- fibre céramique (jusqu'à 1 100 °C)
- etc.

Action :

Veillez à utiliser le calorifuge le mieux adapté à vos températures de fonctionnement et à vos installations. Les sites internet des fabricants de calorifuge regorgent de renseignements.

Avant de prendre des mesures concrètes, posez-vous les questions suivantes :

- Combien d'isolant faut-il ?
- Quel type d'isolant faut-il employer ?
- Jusqu'à quel niveau de calorifugeage, les économies d'énergie et d'argent couvriront-elle le coût de l'isolant et de son installation ?

Que dois-je calorifuger ?

→ **Les conduites bien entendu ... et également leurs supports !**

Il faut aussi veiller à soigner les passages « techniquement difficiles » : croisements avec d'autres tuyauteries, chemins de câbles, supports de tuyauterie, passage d'étages, gaines techniques, vides ventilés, encombrements inadaptés, etc.

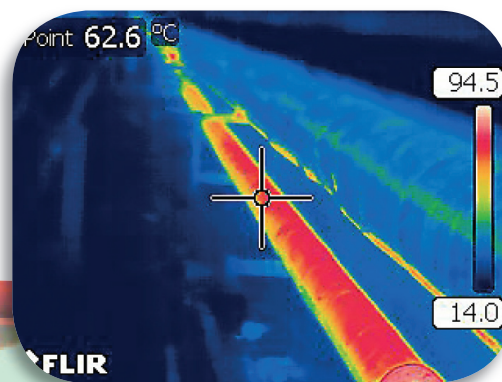
Exemple pratique

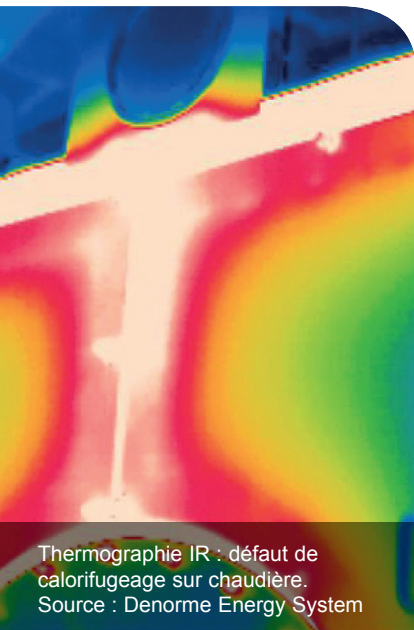
De plus en plus, les installations qui génèrent de la chaleur perdue dans des processus de combustion (une chaleur qui se perd encore trop souvent par les cheminées) essaient d'en récupérer un maximum avec divers systèmes d'échangeurs de chaleur. Pour être rentable, il faut bien sûr qu'il y ait suffisamment de chaleur disponible dans les gaz de combustion et bien sûr avoir un usage pour la chaleur ainsi récupérée. La maximisation du rendement se trouve parfois dans les petits détails ... ainsi, le collecteur qui collecte les gaz de combustion peut parfois être très long ! Il doit être bien isolé pour garantir que les gaz de combustion soient encore suffisamment chauds lorsqu'ils atteignent l'échangeur. Et pour s'assurer que pas une once de chaleur ne s'échappera par le sol, il ne faut pas oublier l'isolation des supports sur lesquels repose le collecteur.

Exemple pratique : Calorifugeage du réseau vapeur

Dès le départ chaudière, la vapeur véhiculée dans les tuyauteries perd de son énergie calorifique, plus ou moins selon l'efficacité du calorifugeage, la complexité et l'état du réseau.

Vapeur avec calorifugeage en mauvais état - Source : Denorme Energy System





Thermographie IR : défaut de calorifugeage sur chaudière.
Source : Denorme Energy System

Les tuyauteries vapeur non calorifugées perdent de grandes quantités de chaleur, comme cela est illustré par l'exemple ci-dessous :

Tuyauterie vapeur 4,5 barg en DN100 non calorifugée sur 10 mètres

Pertes d'énergie	879	W/m
Durée de fonctionnement	8 600	h
→ Consommation de gaz pour compenser les pertes (rendement chaufferie: 90%)	84,0	MWh PCI
→ Pertes financières	2 606	€/an

Elles sont de plus dangereuses pour le personnel (risques de brûlures) et il est donc indispensable de calorifuger correctement les tuyauteries vapeur.

Action :

Demandez une offre auprès d'une entreprise de calorifugeage.

→ Les cuves et les chaudières

Les pertes d'énergie ne se limitent pas aux réseaux de tuyauteries. Les cuves par exemple, peuvent également constituer des sources importantes de gaspillage. A une pression de vapeur normale de 200 kPa, chaque 30 m² de surface chauffée et non isolée peut représenter une perte de 1 kg/h de vapeur.

Après quelques années, le calorifuge des chaudières se détériore, il peut avoir été abîmé par endroits par des opérations de maintenance, ou par des travaux réalisés à proximité, etc. Il est important de vérifier et remettre en état ce calorifuge à intervalles réguliers.

Exemple pratique

Aux niveaux de température auxquelles une chaudière à vapeur opère, les pertes thermiques, notamment par radiation, sont importantes et affectent le rendement de la chaudière de manière significative. Il est donc important d'assurer un calorifugeage adéquat (de 100 à 120 mm d'épaisseur, forte densité) en évitant de créer des ponts thermiques (au niveau des renforts métalliques p.ex.).

De plus certains process fragiles ne supportent pas des baisses de pression vapeur de 1 à 2 barg, et une chaudière en stand-by est alors indispensable pour des raisons de sécurité. Il faut bien sûr veiller à ce qu'elle consomme le moins possible dans ce mode, or les pertes d'une chaudière vapeur en stand-by, principalement par radiation, peuvent représenter 1% à 3% de la puissance de la chaudière, ce qui n'est pas négligeable ! Mais grâce à calorifuge adéquat comme évoqué ci-dessus, et en bon état, les pertes par radiation sont limitées à 0,4 – 0,7%.

Un bon calorifugeage d'une chaudière à vapeur = économies de combustible jusque 1%

→ Les accessoires

De nombreux accessoires émaillent les réseaux de tuyauteries :

- les brides
- la robinetterie (vannes manuelles, vannes de régulation, détendeur, etc...)
- les filtres
- les clapets
- les joints de dilatation

Ces accessoires perdent également beaucoup d'énergie lorsqu'ils ne sont pas calorifugés. Il est donc également recommandé de les calorifuger avec des matelas isolants et des systèmes d'ouverture/fermeture aisés permettant les opérations de maintenance.

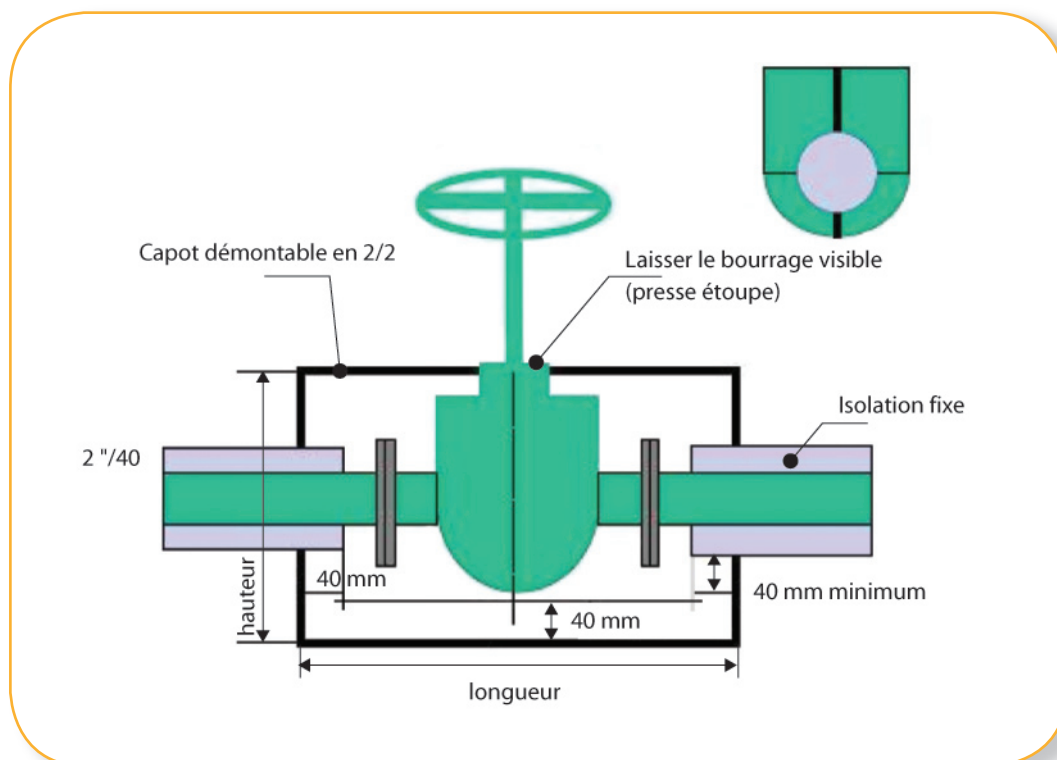
Seuls les organes de commandes doivent rester à découvert.

Dans les systèmes vapeur, les purgeurs ne doivent pas être calorifugés pour leur bon fonctionnement ainsi que pour faciliter leur inspection.

Il est recommandé de calorifuger les accessoires (organes à contrôler en exploitation comme les vannes manuelles, vannes de régulation, détendeur, etc.) et les organes à démonter pour l'entretien, avec des matelas isolants avec système d'ouverture/fermeture aisé permettant les opérations de suivi d'exploitation et de maintenance.



Source : Forem Formation



Source : Forem Formation

Action :

Dans le calorifugeage, ne négligez aucun élément de vos cuves et réseaux de tuyauteries. Le diable se cache dans les détails ...

→ Faut-il toujours calorifuger ?

Dans un local chauffé, il n'est pas toujours nécessaire d'isoler les tuyauteries chaudes, Il faut cependant bien évaluer la situation avant de prendre cette décision, car il restera nécessaire d'isoler :

- si la perte est tellement importante qu'elle crée des surchauffes ;
- s'il existe un risque de surconsommation, ce qui sera le cas si le tuyau reste en température lorsque la pièce ne doit pas être chauffée (la nuit, le week-end, en été ...) comme par exemple une boucle d'eau chaude sanitaire qui est maintenue en température, même en été.

Attention aux interventions ! Le calorifugeage doit être remis en état après une intervention sur les cuves, chaudières, conduites, ou robinetterie. Et si un support sur lequel repose une tuyauterie est remplacé, il faut veiller à ne pas oublier de l'isoler également.

Le regard de Superman

→ Analysez votre réseau par thermographie infrarouge

L'analyse du réseau froid, chaud, vapeur, ainsi que des cuves et chaudières correspondantes, à l'aide d'une caméra infrarouge permet de localiser tous les défauts de calorifuge et d'évaluer les pertes totales de chaleur par déperdition calorifique. Cette analyse permet également de détecter des vannes en fuite, des vannes de by-pass ouvertes, des soupapes de sécurité ouvertes, des fuites aux raccordements et aux joints etc...

De plus, prévoyez toujours un contrôle infrarouge après des travaux de pose ou réfection d'isolation.

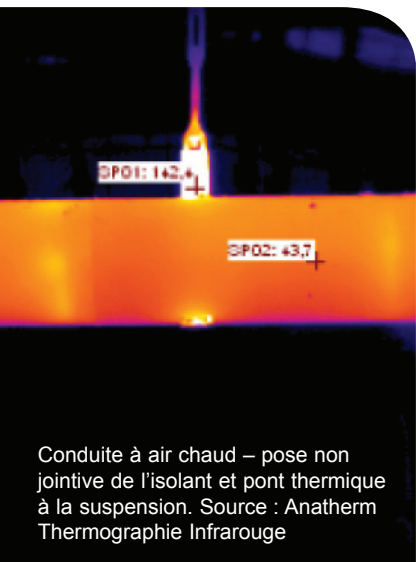
→ Etude de cas : les types d'anomalies recherchées lors d'une thermographie infrarouge

Points chauds

- manque ou dégradation de calorifuge (cuves et réseaux chauds)
- pont thermique (cuves et réseaux chauds)
- fuites (fissure, éléments de surfaces non jointifs) (cuves et réseaux chauds)
- vanne non hermétique (réseaux chauds)
- etc.

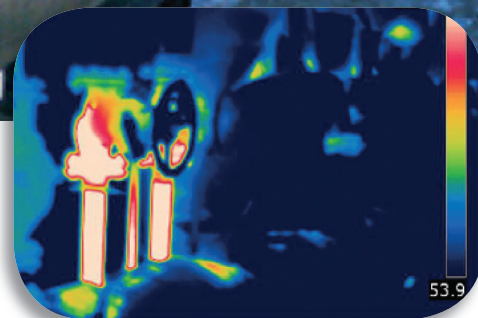
Action :

Pour vérifier l'état de vos réseaux et de vos cuves, demandez une offre auprès d'une société spécialisée pour une analyse infrarouge. Si l'analyse révèle des carences ou défauts d'isolation, demandez une offre auprès d'une entreprise de calorifugeage.



Conduite à air chaud – pose non jointive de l'isolant et pont thermique à la suspension. Source : Anatherm Thermographie Infrarouge

Vannes non calorifugées
sur un collecteur vapeur.
Source : Denorme Energy System



Points froids

- manque ou dégradation de calorifuge (cuves et réseaux froids, chambres froides)
- pont thermique (cuves et réseaux froids, chambres froides)
- fuites (fissure, éléments de surfaces non jointifs) (cuves et réseaux froids, chambres froides)
- vanne non hermétique (réseaux froids)
- croûtage dû à l'accumulation de matière contre la paroi
- bouchon dans une conduite
- vanne bloquée
- etc.



Vanne ammoniacale bien hermétique - Source : Anatherm Thermographie Infrarouge

Le calorifugeage froid

Améliorer l'isolation permet de réduire les pertes de chaleur, et par conséquent de réduire efficacement la demande de refroidissement.

L'isolation doit être prévue à la fois sur l'équipement devant être refroidi (cuve, chambre froide, etc.) et sur les tuyaux de circulation de fluide réfrigérant.

La chambre froide est-elle suffisamment calorifugée ?

La conductivité de l'isolation thermique des parois de la chambre froide doit se situer entre 0,016 et 0,023 W/m.K. Vérifiez si l'épaisseur de calorifuge sur les parois est suffisante. Le flux thermique à travers les parois ne doit pas dépasser 10 W/m². Recherchez les ponts thermiques et essayez de les limiter : joints de portes, mécanismes de fermeture,....

Vous avez un circuit secondaire en aval de l'évaporateur ?

Vérifiez-en le calorifugeage. Le bon état du calorifuge limite les pertes de distribution. Si l'évaporateur est séparé de l'utilisation du froid (chambre froide, ...) par un circuit secondaire, celui-ci peut être amené à parcourir des distances non négligeables. Il est alors important qu'il ne perde pas trop d'énergie en ligne.

Action :

Vérifiez la qualité, contrôler l'état et l'épaisseur de l'isolation thermique des parois de la chambre froide et des tuyaux du circuit froid. Remplacez les parties défectueuses. Faites la chasse aux ponts thermiques. N'oubliez pas les circuits secondaires !

Calorifugeage du circuit de distribution - Source : Asta4





Calorifugeage. Source : coteisolation.fr

→ La spécificité du calorifugeage froid

L'isolation froide doit tenir compte d'une « épaisseur anti-condensation », c'est-à-dire l'épaisseur d'isolant qu'il faut choisir correctement pour éviter la condensation, en tenant compte de :

- la température du fluide
- le diamètre du tuyau
- la température ambiante et l'humidité relative

Isolation froide. Epaisseurs anti-condensation (pour manchons « mousse »)

Diamètre ext. du tuyau (mm)	Température du fluide : + 10°C Température ambiante : + 25°C				Température du fluide : + 10°C Température ambiante : + 20°C			
	Humidité relative				Humidité relative			
	60%	70%	80%	90%	60%	70%	80%	90%
10	6 mm	6 mm	9 mm	19 mm	9 mm	13 mm	19 mm	32 mm
34 (1«)	6 mm	6 mm	13 mm	25 mm	9 mm	13 mm	25 mm	38 mm
89 (3«)	6 mm	6 mm	13 mm	25 mm	13 mm	19 mm	25 mm	45 mm

Source : Forem Formation



Maintien en température pour tuyauterie – Source : Tyco.
Calorifugeage tuyauterie vapeur (photo de droite)

Pour le chaud uniquement: traçage des conduites

La température d'un fluide à l'intérieur d'une tuyauterie ne cesse de décroître au cours de son transport, ou, dans une cuve, au cours du temps. Hors, dans de nombreux secteurs de l'industrie, la protection contre le gel et le maintien en température des lignes de process représentent un élément crucial de rentabilité et de productivité et cette chute de température n'est pas admissible, notamment dans les deux principaux cas suivants:

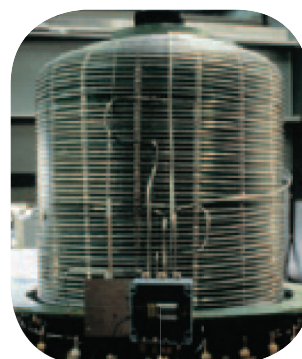
- le fluide change d'état à un certain seuil (risque de figeage);
- le procédé de fabrication impose une température minimale de fluide.

Pour pallier ce phénomène, différents dispositifs appelés «systèmes de traçage» ont été développés. Ces systèmes apportent une quantité de chaleur équivalente aux pertes thermiques dans le milieu ambiant. La température du fluide reste donc identique entre l'entrée et la sortie de la tuyauterie, ou entre le temps t et le le temps t' dans une cuve.

Ces traçages peuvent s'appliquer :

- à des tuyauteries, des cuves, des fûts, des trémies, des lignes d'instrumentation ;
- à des réseaux de quelques mètres à plusieurs kilomètres ;
- de la mise hors gel de canalisations d'eau au maintien en température jusqu'à 800 °C pour de process spécifiques, et notamment pour les systèmes devant être nettoyés à la vapeur.

Chauffage en ambiance agressive.
Source : Tyco



On distingue les solutions utilisant la vapeur ou un fluide caloporteur, et les solutions électriques.

Solutions utilisant la vapeur ou un fluide caloporteur

- Le tube traceur : il s'agit de disposer, le long de la tuyauterie à maintenir en température, un tube dans lequel circule de la vapeur sous pression ou un fluide caloporteur. Par conduction, il transmet de la chaleur à la tuyauterie qui la communique selon la même loi au produit qui la parcourt.
- La double enveloppe : on dispose, autour de la tuyauterie à maintenir en température, un deuxième tube, concentrique au premier, et la vapeur ou le fluide caloporteur circule dans l'espace annulaire ainsi créé. La vapeur ou le fluide caloporteur transmet directement la chaleur à la tuyauterie.

Ces deux solutions présentent l'avantage d'utiliser une énergie peu chère ; en revanche, elles engendrent, d'une façon générale, une maintenance élevée.

Solutions électriques

Les solutions électriques sont une alternative intéressante. En effet, si les coûts d'investissement sont comparables (pour des technologies offrant la même homogénéité de température), les coûts de maintenance sont, eux, très réduits. Comme les puissances installées sont faibles (quelques dizaines de kW en général), les coûts énergétiques se trouvent largement compensés par les gains en maintenance.

Il existe différentes technologies électriques de maintien en température:

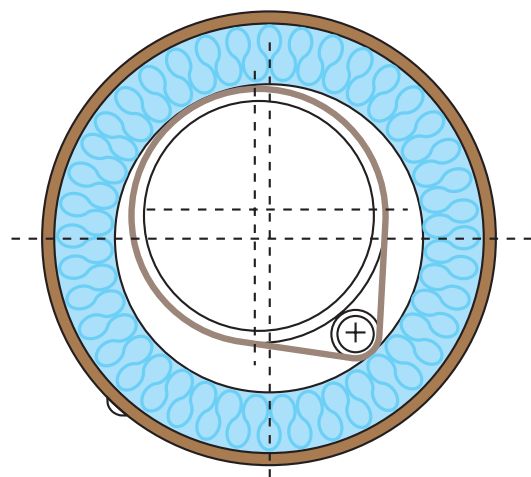
- les rubans chauffants
- les câbles à isolant minéral et les éléments blindés
- les tubes à passage de courant
- les tubes traceurs à effet chauffant.

→ Maîtriser l'énergie du traçage

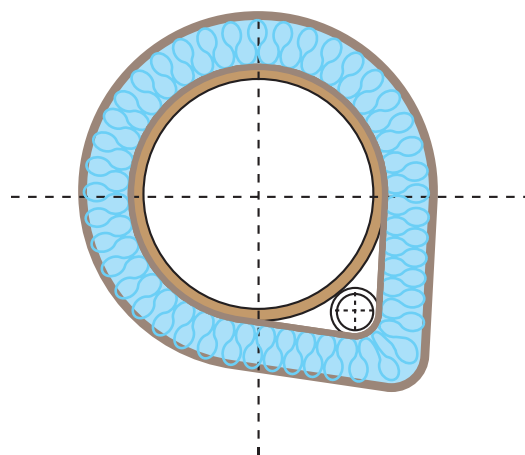
Chaque application requiert une solution sur mesure. En fonction des cas, on se tournera plutôt vers un traçage électrique ou plutôt vers un traçage vapeur.

Les systèmes de traçage requièrent bien entendu une surveillance et une régulation adaptées, allant du simple thermostat aux systèmes évolués de régulation multicircuits.

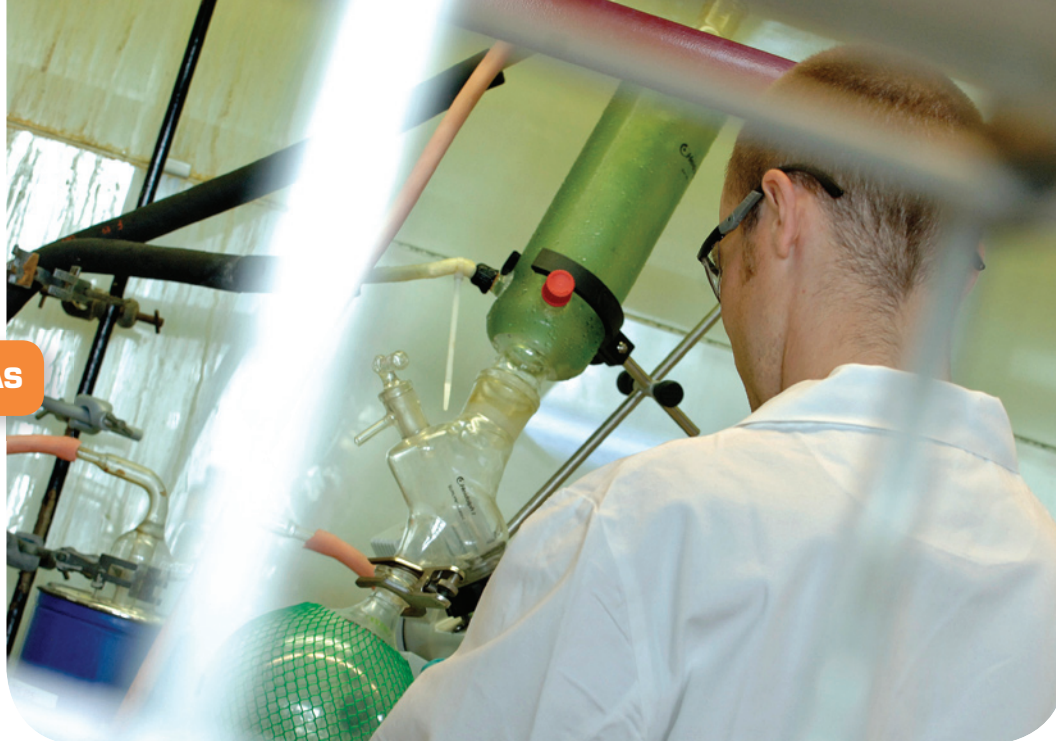
De plus, on veillera à une excellente isolation des tuyauteries tracées.



Tuyauteries munies d'un traçage vapeur –
Isolation avec des coquilles. Source : Rockwool



Tuyauteries munies d'un traçage vapeur –
Isolation par nappe. Source : Rockwool



Source : UCB

Depuis sa création en 1928, UCB est devenue la plus importante société biopharmaceutique d'origine belge. Son principal centre de recherche et de production se situe à Braine-l'Alleud. Le site de Braine-l'Alleud s'est intégré dans l'accord de branche Energie-CO2 d'Essenscia wallonie dès le début et fait donc partie des pionniers de cette dynamique en Région wallonne.

Le site comprend de nombreux bâtiments dont plusieurs bâtiments industriels : l'usine chimique, l'usine pharma, l'usine de conditionnement et les laboratoires.

La consommation énergétique annuelle du site est de l'ordre de 75 GWh de gaz et de 40 GWh d'électricité.

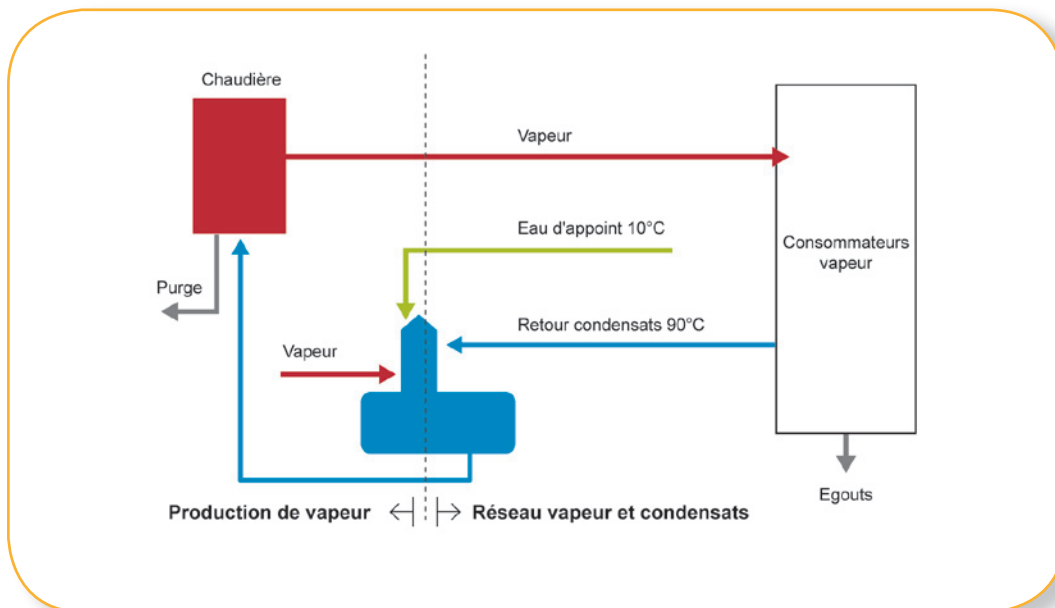
Les contraintes très strictes entourant l'homologation des procédés de production pharmaceutiques, laissent très peu de possibilités d'agir sur les paramètres des procédés existants. Les actions d'améliorations énergétiques sont donc concentrées sur les utilitaires (vapeur, froid, air comprimé) ou sur des éléments externes tels que le calorifugeage des conduites et des réacteurs.

Chez UCB Braine-l'Alleud, tous les réacteurs chimiques sont pourvus d'un calorifugeage de 100 mm de laine de roche entourée d'une coquille en aluminium ou en inox.

La vapeur est une ressource primordiale pour la société, car elle est utilisée dans les différents processus de production ainsi que pour le traitement d'air des locaux.

Surchauffe dans les bâtiments

Il est important d'optimiser le calorifugeage des conduites de vapeur et de récupération des condensats dans les bâtiments de production, car les négliger entraîne beaucoup de pertes par dissipation d'énergie. Même en hiver, quand il faut de toute façon chauffer les bâtiments, cette dissipation d'énergie amène une surchauffe par rapport aux besoins du bâtiment; mais l'impact de ces pertes en hiver est moins préoccupant qu'en été, saison pendant laquelle les pertes de chaleur des conduites peuvent amener le thermomètre à grimper à 35°C ou 40°C au 3ème niveau du bâtiment !



Cas classique de réseaux vapeur et condensat avec récupération des condensats - Source : Armstrong International

Une action spécifique a été prise dans le bâtiment de l'usine chimique, consistant à calorifuger les conduites de récupération des condensats. Grâce au calorifugeage le retour des condensats dans la bêche d'alimentation de la chaudière se fait, chez UCB, à 98°C. L'eau d'appoint arrive quant à elle entre 10°C à 15 °C en fonction de la saison.

Comment estimer le gain énergétique de l'opération ?

Le condensat contient de l'énergie calorifique. Lorsqu'il est retourné à 90°C dans la bêche d'alimentation de la chaudière comme dans un cas classique, il contient 376,94 kJ/kg. Lorsqu'il retourne dans la bêche d'alimentation à 98°C, il contient 410,63 kJ/kg de condensat.

Si l'isolation des conduites de condensats permet de faire gagner 8°C, alors on « gagne » 33,69 kJ/kg.

La chaudière ayant un débit de 10 t/h, on gagne $336\,900 \text{ kJ/h} = 336\,900 / 3\,600 \text{ kWh/h} = 93,6 \text{ kWh/h}$.

Si on considère alors un fonctionnement de 8 760 h par an, on gagne 819 790 kWh par an.

Le calorifugeage des conduites de condensat a représenté un investissement de 160 000 €. Le gain annuel en énergie est estimé à 800 MWh.

Remarque additionnelle : en réutilisant les condensats comme eau d'alimentation de la chaudière au lieu d'eau de ville à 10°C (dont l'énergie calorifique est de 41,99 kJ/kg), on « gagne » 368,64 kJ/kg qui seraient nécessaires pour amener l'eau de ville à 98°C. Et donc, pour chaque kg de vapeur perdu dans des fuites et qu'il faut remplacer par de l'eau de ville, on « perd » ces 368,64 kJ/kg.

POUR PLUS D'INFOS...

Contacts/références :

En bref, toutes ces optimisations sont envisageables dans votre entreprise si vous disposez de tuyauteries ou de cuves ! Qui ne transporte pas des gaz ou des fluides froids ou chauds, de la vapeur, de l'air comprimé ?

Cette fiche vous donne une idée du potentiel d'optimisation mais l'étude et la mise en oeuvre de ces mesures doivent souvent être réalisées par des spécialistes. Ci-dessous donc une liste de contacts utiles :

- Spécialistes et fournisseurs équipements : rechercher dans la base de données www.cstsc.be → chercher des produits ou <http://www.cstsc.be/homepage/index.cfm?cat=services&sub=buildingproducts&pag=search>
- Site portail Energie de la Région Wallonne : <http://energie.wallonie.be> (liste des bureaux d'étude, Primes de la Région wallonne, liens utiles, etc...)
- <http://www.energypooling.be>
- Sites web Isolation Thermique : laine de roche, laine de verre, verre cellulaire, mousses, ...
 - www.rockwool.be
 - www.isover.be
 - www.foamglas.be
 - www.isover.fr
 - www.knauf.be
 - www.isorex.com
 - www.paroc.com
 - www.ursa.be
 - www.promat.be
 - www.isorex.com
 - www.dow.com/styrofoam
 - www.xpair.com
 - www.energie-plus.com
 - www.ademe.fr
 - www.eco-logis.com
 - www.rubaflex.com
 - www.knaufinsulation.fr
 - www.armacell.com
 - www.nmc.be

reprenant un logiciel gratuit téléchargeable, pouvant estimer les pertes des tuyauteries : http://www.nmc.be/s/34_8000/page/modules/brochures/index.php

Bibliographie:

Ont contribué à la rédaction de ce cahier technique toutes les entreprises citées en source photographique.

Cahier technique n°1 : La production de vapeur – Economies d'énergie dans l'industrie alimentaire, octobre 2008

Cahier technique n°2 : Le réseau vapeur et condensats – Economies d'énergie dans l'industrie alimentaire, octobre 2008

Cahier technique n°5 : La réfrigération – Economies d'énergie dans l'industrie alimentaire, octobre 2008

Energymag de mars-avril-mai 2010

ADEME (2010), Economies d'énergie : choisir la performance – optimiser l'existant, www.ademe.fr

Exposé Rockwool à la Chambre de Commerce de Namur – Jean-Luc Van Roy - Energy Pooling – Nivelles 6 mai 2009

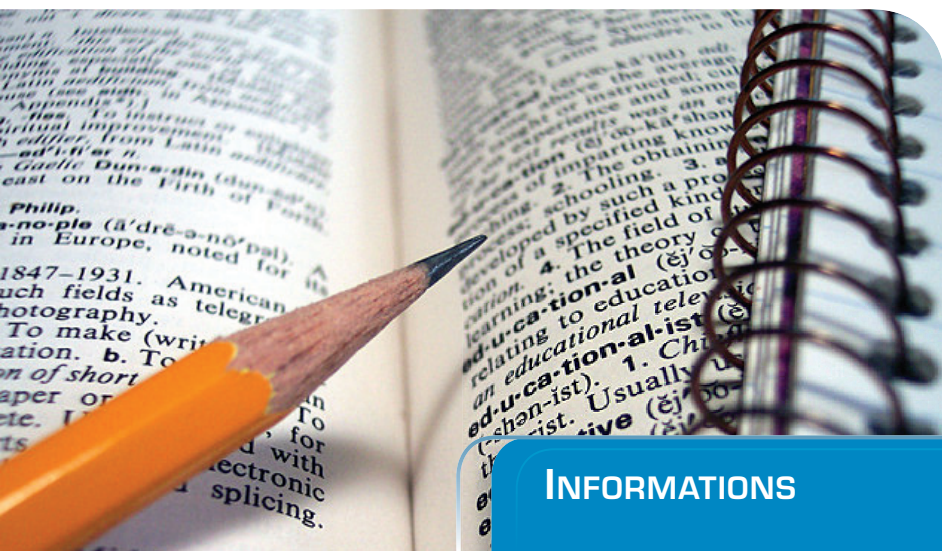
Réseaux de vapeur et de condensats – Série de la gestion de l'énergie à l'intention des industries, commerces et institutions – Energie, Mines et Ressources Canada, Direction des économies d'énergie – 1989 (?)

L'isolation des circuits de chaud et de froid en industrie – Anatherm Thermographie Infrarouge – Energy Pooling – Mouscron 27 novembre 2007

L'isolation des circuits de chaud et de froid dans nos PME, collectivités et services – Forem Formation, Centre de Compétence Environnement de Mons – Jean-François Verjans - Energy Pooling – Nivelles 6 mai 2009

L'effet Joule au service du maintien en température des tuyauteries -Cahiers de l'Ingénierie - H. Rivoalen - Janvier 97 - <http://www.trs-online.com/joule.php>

Données sur les audits vapeur et les actions sur les purgeurs chez UCB : site internet de Armstrong <http://pharma.armstronginternational.eu>



RÉSUMÉ DES AMÉLIORATIONS ÉNERGÉTIQUES

Problème à repérer	Amélioration/Action	Commentaire	Rentabilité
Dans quel état sont vos réseaux de tuyauteries?	Rationalisez vos réseaux de tuyauteries	Etant donné les évolutions constantes des entreprises	+
Dans quel état sont vos réseaux de tuyauteries?	Tout commence par un bon dimensionnement des conduites		+
Dans quel état sont vos réseaux de tuyauteries?	Veillez à un espace suffisant autour des tuyauteries pour isoler, contrôler, entretenir,...		
Votre personnel porte-t-il suffisamment d'attention aux réseaux de tuyauteries	Sensibiliser et former le personnel, à la maintenance et à l'exploitation	N'oubliez pas les oubliés	+
En quoi consiste la maintenance dans votre entreprise?	Planifier des inspections régulières et des périodes de maintenance des installations		+ à ++
Pour le chaud et le froid : avec quoi calorifuger?	Veiller à utiliser le calorifuge le mieux adapté en fonction de la température et de l'installation	Se renseigner auprès des entreprises de calorifugeage ou sur leur site internet	++
Que faut-il calorifuger?	Calorifuger les conduites et leurs supports	Demander une offre auprès des entreprises de calorifugeage et veiller à l'entretien	++
Que faut-il calorifuger?	Calorifuger les cuves et les chaudières	Demander une offre auprès des entreprises de calorifugeage et veiller à l'entretien	++
Que faut-il calorifuger?	Calorifuger les accessoires	Demander une offre auprès des entreprises de calorifugeage et veiller à l'entretien	+
Comment repérer les pertes?	Analyser vos réseaux par thermographie infrarouge	Demander une offre auprès d'une entreprise spécialisée	
FROID : La chambre froide est-elle suffisamment calorifugée?	Vérifiez l'épaisseur de calorifuge sur les parois et les ponts thermiques		+
FROID : Vous avez un circuit en aval de l'évaporateur?	Calorifuger les réseaux d'eau glacée, eau glycolée etc..		++
CHAUD : maintenir en température des fluides dans les réseaux de tuyauteries et dans les cuves?	Maîtriser l'énergie du traçage	Choix entre le traçage électrique et le traçage vapeur	

ECONOTEC
CONSULTANTS



COLOPHON

Opérateurs désignés par la Région wallonne :

Institut de Conseil et d'Études en Développement Durable (ICEDD) asbl

Boulevard Frère Orban 4, 5000 NAMUR

Contact : Stéphanie MARCHANDISE, Responsable de Projets

Tél. : 081 25 04 80 — Fax : 081 25 04 90

Courriel : sm@icedd.be

ECONOTEC Consultants

Rue des Guillemins 26 / 2^e étage, 4000 LIÈGE

Contact : Fabienne Marchal, Consultant

Tél. : 04 349 56 18 — Fax : 04 349 56 10

Pour le compte de :

Service public de Wallonie

**Direction générale opérationnelle Aménagement du territoire,
Logement, Patrimoine et Energie**

Département de l'Énergie et du Bâtiment durable

Avenue Prince de Liège 7, 5100 Jambes

Tél : 081 33 56 40 — Fax : 081 33 55 11

Courriel : Energie@spw.wallonie.be

Site portail de l'énergie de la Région wallonne :

<http://energie.wallonie.be>

En partenariat avec :

essenscia wallonie asbl where chemistry meets life sciences Diamant
Building Boulevard Auguste Reyers, 80 B - 1030 Bruxelles

Tél : +32 2 238 98 51

Editeur responsable :

Dominique SIMON, Directeur.

Crédits photographiques :

photo de couverture : "Cuves de stockage", Gecinox

1^{ère} diffusion électronique, édition septembre 2010



**économisons
l'énergie**