



MANUEL VAPEUR ET CONDENSAT

Ouvrage de référence pour planificateur
et exploitant d'installation vapeurs



| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| L'énergie au service de l'environnement | 3 |
| Comment utiliser les tableaux de recommandations..... | 4 |
| Tables vapeur | 5 |
| La vapeur – Concepts de base | 7 |
| Purgeurs de vapeur à flotteur inversé ouvert | 11 |
| Purgeur à flotteur fermé et évent thermostatique..... | 13 |
| Purgeur thermodynamique | 14 |
| Purgeurs bimétalliques | 14 |
| Purgeurs thermostatiques | 15 |
| Contrôleurs différentiels de condensat | 16 |
| Sélection des purgeurs (considération de base) | 17 |
| Comment purger les systèmes de distribution de vapeur et de chauffage des locaux | 19 |
| Comment purger les systèmes de procès vapeur | 30 |
| Sélection des purgeurs et coefficients de sécurité | 46 |
| Sélection des brides pour le Purgeurs de vapeur et de liquides en acier inoxydable – Liste des PMA, TMA and Delta PMX | 47 |
| Installation et essai des purgeurs Armstrong | 49 |
| Dépannage des purgeurs Armstrong | 53 |
| Dimensionnement des conduites de vapeur et des canalisations de retour du condensat | 54 |
| Chaleur spécifique et densité | 57 |
| Tables industrielles | 58 |
| Facteurs de conversion des unités métriques en unités anglo-américaines | 58 |

Dites énergie. Pensez environnement. Et inversement.

Toute entreprise soucieuse d'une gestion responsable de l'énergie exprime du même coup son souci de l'environnement. Une moindre consommation d'énergie signifie moins de gaspillage, moins d'émissions gazeuses et un environnement plus sain.

En bref, une approche conjointe de la problématique de l'énergie et celle de l'environnement permet de diminuer les coûts intervenant dans ces deux domaines. En aidant les entreprises à mieux gérer l'énergie, les produits et services de la gamme Armstrong contribuent également à la protection de l'environnement.

Nous partageons nos connaissances depuis que nous avons inventé le purgeur « économiseur » d'énergie à flotteur inversé ouvert en 1911. Depuis lors, les économies qu'ont pu réaliser nos clients prouvent amplement que **la connaissance non partagée équivaut elle aussi à un gaspillage de l'énergie.**

Les développements et améliorations apportés aux purgeurs de vapeur Armstrong ont permis des économies considérables d'énergie, de temps et d'argent. Cette section de notre catalogue est le résultat de plusieurs décennies de partage et de développement de nos connaissances. Elle traite des principes de fonctionnement des purgeurs de condensat et décrit leur mise en œuvre dans une grande variété de produits et de secteurs industriels. Vous découvrirez qu'elle complète parfaitement d'autres documentations et outils Armstrong, tels que le CD-ROM « Armstrong Interactive » et le logiciel de sélection et de dimensionnement « Trap-A-Ware », que vous pouvez commander sur le site Web Armstrong européen www.armstronginternational.eu

Cette section comporte également des tableaux de recommandations résumant nos observations concernant les types de purgeurs le mieux adaptés à une situation donnée.

© Copyright:

Les informations suivantes sont issues du catalogue de produits Armstrong 2011. Tous les droits sous réserve, en particulier les droits de reproduction, de diffusion et de traduction.

IMPORTANT : Cette section résume les principes généraux d'installation et de fonctionnement des purgeurs de condensat. L'installation proprement dite et l'exploitation des systèmes de purge doivent être confiées à des techniciens expérimentés. Pour la sélection ou l'installation des équipements, demandez toujours l'aide ou le conseil d'un spécialiste. Les informations présentées dans ce document ne sauraient remplacer de tels conseils. Pour plus de détails, nous vous recommandons de prendre contact avec Armstrong ou son représentant local.

Comment utiliser les tableaux de recommandations



Au fil des pages, vous trouverez des tableaux de recommandations sous l'intitulé « Comment purger », aux pages CG-24 à CG-50.

Un système de codes de A à Q vous donne en un instant l'information et les caractéristiques souhaités.

Chaque tableau concerne un type de purgeur de liquide et présente ses principaux avantages en fonction de l'application à laquelle il est destiné.

Supposons par exemple que vous cherchiez le purgeur adéquat à utiliser sur un cuiseur à double enveloppe à purge par gravité. Dans ce cas, vous pouvez procéder comme suit :

- Consultez la section « Comment purger les cuiseurs à double enveloppe » aux pages CG-42 à CG-43 ; regardez dans la partie en bas à droite de la page CG-42. Le tableau de recommandations donné à cet endroit est repris ci-dessous pour votre facilité. (Chaque section comporte un tableau de recommandations.)
- Recherchez « Cuiseur double enveloppe, purge par gravité » dans la première colonne, sous « équipement à purger » ; à droite, notez notre premier choix et le code correspondant. Dans le cas de l'exemple, le premier choix est FIO LV et les codes indiqués sont B, C, E, K, N.

- Suivez la ligne « B » vers la droite jusqu'au code de notre premier choix ; dans notre exemple, il s'agit du flotteur inversé ouvert. Su la base de tests et de conditions réelles de fonctionnement, la capacité à conserver l'énergie du purgeur à flotteur inversé ouvert est classée « Excellente ». Procédez de la même façon pour les autres codes.

Abréviations

| | |
|--------|--------------------------------------------------|
| FIO | Purgeur à flotteur inversé ouvert |
| FIO LV | Purgeur inversé ouvert évent agrandi |
| FF | Purgeur à flotteur fermé et évent thermostatique |
| TD | Purgeur à disque ou purgeur thermodynamique |
| DC | Contrôleur différentiel de condensat |
| CV | Clapet de retenue |
| T | Flotteur thermique |
| PRV | Détendeur |

| Équipement à purger | 1er choix et lettres codes | Choix alternatif |
|---------------------------------------------|------------------------------|----------------------|
| Cuiseur double enveloppe, purge par gravité | FIO LV B, C, E, K, N | FF ou thermostatique |
| Cuiseur double enveloppe, purge par siphon | DC B, C, E, G, H, K, N, P | FIO LV |

| Lettre code | Caractéristiques | Purgeur inversé | FF | Disque | Thermostatique | Contrôleur différentiel |
|-------------|-----------------------------------------------------------------|------------------|------------|--------------|------------------|-------------------------|
| A | Mode de fonctionnement | (1) Intermittent | Continu | Intermittent | (2) Intermittent | Continu |
| B | Conservation de l'énergie (temps de fonctionnement) | Excellente | Bonne | Faible | Moyenne | (3) Excellente |
| C | Résistance à l'usure | Excellente | Bonne | Faible | Moyenne | Excellente |
| D | Résistance à la corrosion | Excellente | Bonne | Excellente | Bonne | Excellente |
| E | Résistance aux coups de bélier | Excellente | Faible | Excellente | (4) Faible | Excellente |
| F | Purge d'air et de CO ₂ à la température de la vapeur | Oui | Non | Non | Non | Oui |
| G | Capacité à purger l'air à très basse pression (0,02 barg) | Faible | Excellente | (5) NR | Bonne | Excellente |
| H | Capacité à traiter les charges d'air au démarrage | Moyenne | Excellente | Faible | Excellente | Excellente |
| I | Efficacité en cas de contre-pression | Excellente | Excellente | Faible | Excellente | Excellente |
| J | Résistance aux dégâts en cas de gel (6) | Bonne | Faible | Bonne | Bonne | Bonne |
| K | Capacité à purger le système | Excellente | Moyenne | Excellente | Bonne | Excellente |
| L | Efficacité en cas de très faibles charges | Excellente | Excellente | Faible | Excellente | Excellente |
| M | Réactivité aux bouchons de condensat | Immédiate | Immédiate | Retardée | Retardée | Immédiate |
| N | Capacité à traiter les impuretés | Excellente | Faible | Faible | Moyenne | Excellente |
| O | Taille comparative | (7) Grande | Grande | Petite | Petite | Grande |
| P | Capacité à traiter la « vapeur de revaporation » | Moyenne | Faible | Faible | Faible | Excellente |
| Q | Défaillance mécanique (ouvert ou fermé) | Ouvert | Fermé | (8) Ouvert | (9) | Ouvert |

(1) La purge des condensats se fait en continu. L'évacuation est cyclique.
 (2) Peut-être continu en cas de faible débit
 (3) Excellent en cas de recyclage de la vapeur de revaporation
 (4) Bon dans le cas des purgeurs bimétalliques
 (5) Déconseillé en cas de fonctionnement sous faible pression
 (6) Purgeurs en fonte déconseillés

(7) Construction en acier inoxydable mécano-soudé : moyenne
 (8) Peut se trouver bloqué-fermé en cas d'enrassement
 (9) Peut se trouver bloqué ouvert ou fermé, en fonction du type de soufflet.

Armstrong Tables vapeur

Présentation et principe d'utilisation

Les informations relatives à la vapeur (chaleur, température et pression) fournies dans cette section sont tirées de la table ci-jointe, relative à la vapeur saturée.

Définitions

Vapeur saturée Vapeur pure à la température d'ébullition de l'eau à la pression considérée.

Pressions absolue et manométrique

(Colonne 1). La pression absolue est la pression exprimée en bar(a) par rapport au vide parfait. La pression manométrique est la pression exprimée en bar(g) par rapport à la pression atmosphérique qui vaut 1 bar absolu. La pression manométrique (barg) plus 1 est égale à la pression absolue. Ainsi, la pression absolue moins 1 bar est égale à la pression manométrique.

Relations Pression/température (Colonnes 1 et 2). À toute pression de vapeur saturée correspond une valeur de température. Exemple : la température de la vapeur sèche sous 9 barg est toujours de 179,9°C.

Volume spécifique de la vapeur (Colonne 3). Volume par unité de masse, exprimé en m³/kg.

Chaleur sensible (Colonnes 4 et 6). Quantité de chaleur nécessaire pour élever la température d'un kilogramme d'eau pure de 0°C à sa température d'ébullition, à la pression considérée. Cette grandeur s'exprime en kilojoules par kilogramme (kJ/kg) ou en kilocalories par kilogramme (kcal/kg).

Chaleur latente ou chaleur de vaporisation (Colonnes 5 et 7). Quantité de chaleur nécessaire pour transformer un kilogramme d'eau à la température d'ébullition en un kilogramme de vapeur. Cette même quantité de chaleur est cédée par un kilogramme de vapeur se condensant en un kilogramme d'eau. La quantité de chaleur est différente pour chaque couple de valeurs température/pression, comme indiqué dans la table.

Utilisation de la table

Cette table vous permet de déterminer les couples température/pression, mais aussi de calculer la quantité de vapeur condensée par une unité de chauffage dont vous connaissez la puissance calorifique en kJ/h (kcal/h).

Inversement, la table peut être utilisée pour déterminer la puissance calorifique kJ/h (kcal/h) si le débit de condensat est connu (kg/h). Dans la partie de ce catalogue relative aux applications, vous trouverez plusieurs exemples d'utilisation de cette table.

| Pression de vapeur (bar abs.) | Temp. vapeur (°C) | Volume spécif. (m ³ /kg) | Kilojoules | | Kilocalories | |
|-------------------------------|-------------------|-------------------------------------|------------------------------|-------------------------|----------------------------|---------------------------|
| | | | Chaleur d'ébullition (kJ/kg) | Chaleur latente (kJ/kg) | Chaleur sensible (kcal/kg) | Chaleur latente (kcal/kg) |
| (Colonne 1) | (Colonne 2) | (Colonne 3) | (Colonne 4) | (Colonne 5) | (Colonne 6) | (Colonne 7) |
| P | t | SV | q | r | q | r |
| 0,01 | 7,0 | 129,20 | 29 | 2 484 | 7,0 | 593,5 |
| 0,02 | 17,5 | 67,01 | 73 | 2 460 | 17,5 | 587,6 |
| 0,03 | 24,1 | 45,67 | 101 | 2 444 | 24,1 | 583,9 |
| 0,04 | 29,0 | 34,80 | 121 | 2 433 | 29,0 | 581,2 |
| 0,05 | 32,9 | 28,19 | 138 | 2 423 | 32,9 | 578,9 |
| 0,06 | 36,2 | 23,47 | 151 | 2 415 | 36,2 | 577,0 |
| 0,07 | 39,0 | 20,53 | 163 | 2 409 | 39,0 | 575,5 |
| 0,08 | 41,5 | 18,10 | 174 | 2 403 | 41,5 | 574,0 |
| 0,09 | 43,8 | 16,20 | 183 | 2 398 | 43,7 | 572,8 |
| 0,10 | 45,8 | 14,67 | 192 | 2 393 | 45,8 | 571,8 |
| 0,20 | 60,1 | 7,650 | 251 | 2 358 | 60,1 | 563,3 |
| 0,30 | 69,1 | 5,229 | 289 | 2 335 | 69,1 | 558,0 |
| 0,40 | 75,9 | 3,993 | 317 | 2 319 | 75,8 | 554,0 |
| 0,50 | 81,3 | 3,240 | 340 | 2 305 | 81,3 | 550,7 |
| 0,60 | 86,0 | 2,732 | 359 | 2 293 | 85,9 | 547,9 |
| 0,70 | 90,0 | 2,365 | 376 | 2 283 | 89,9 | 545,5 |
| 0,80 | 93,5 | 2,087 | 391 | 2 274 | 93,5 | 543,2 |
| 0,90 | 96,7 | 1,869 | 405 | 2 265 | 96,7 | 541,2 |
| 1,00 | 99,6 | 1,694 | 417 | 2 257 | 99,7 | 539,3 |
| 1,50 | 111,4 | 1,159 | 467 | 2 226 | 111,5 | 531,8 |
| 2,00 | 120,2 | 0,8854 | 504 | 2 201 | 120,5 | 525,9 |
| 2,50 | 127,4 | 0,7184 | 535 | 2 181 | 127,8 | 521,0 |
| 3,00 | 133,5 | 0,6056 | 561 | 2 163 | 134,1 | 516,7 |
| 3,50 | 138,9 | 0,5240 | 584 | 2 147 | 139,5 | 512,9 |
| 4,00 | 143,6 | 0,4622 | 604 | 2 133 | 144,4 | 509,5 |
| 4,50 | 147,9 | 0,4138 | 623 | 2 119 | 148,8 | 506,3 |
| 5,00 | 151,8 | 0,3747 | 640 | 2 107 | 152,8 | 503,4 |
| 6,00 | 158,8 | 0,3155 | 670 | 2 084 | 160,1 | 498,0 |
| 7,00 | 164,9 | 0,2727 | 696 | 2 065 | 166,4 | 493,3 |
| 8,00 | 170,4 | 0,2403 | 721 | 2 046 | 172,2 | 488,8 |
| 9,00 | 175,4 | 0,2148 | 742 | 2 029 | 177,3 | 484,8 |
| 10,00 | 179,9 | 0,1943 | 762 | 2 013 | 182,1 | 481,0 |
| 11,00 | 184,1 | 0,1774 | 778 | 1 998 | 186,5 | 477,4 |
| 12,00 | 188,0 | 0,1632 | 798 | 1 983 | 190,7 | 473,9 |
| 13,00 | 191,6 | 0,1511 | 814 | 1 970 | 194,5 | 470,8 |
| 14,00 | 195,0 | 0,1407 | 830 | 1 958 | 198,2 | 467,7 |
| 15,00 | 198,3 | 0,1317 | 844 | 1 945 | 201,7 | 464,7 |
| 16,00 | 201,4 | 0,1237 | 858 | 1 933 | 205,1 | 461,7 |
| 17,00 | 204,3 | 0,1166 | 871 | 1 921 | 208,2 | 459,0 |
| 18,00 | 207,1 | 0,1103 | 884 | 1 910 | 211,2 | 456,3 |
| 19,00 | 209,8 | 0,10470 | 897 | 1 899 | 214,2 | 453,6 |
| 20,00 | 212,4 | 0,09954 | 908 | 1 888 | 217,0 | 451,1 |
| 25,00 | 223,9 | 0,07991 | 961 | 1 839 | 229,7 | 439,3 |
| 30,00 | 233,8 | 0,06663 | 1 008 | 1 794 | 240,8 | 428,5 |
| 40,00 | 250,3 | 0,04975 | 1 087 | 1 712 | 259,7 | 409,1 |
| 50,00 | 263,9 | 0,03943 | 1 154 | 1 640 | 275,7 | 391,7 |
| 60,00 | 275,6 | 0,03244 | 1 213 | 1 571 | 289,8 | 375,4 |
| 70,00 | 285,8 | 0,02737 | 1 267 | 1 505 | 302,7 | 359,7 |
| 80,00 | 295,0 | 0,02353 | 1 317 | 1 442 | 314,6 | 344,6 |
| 90,00 | 303,3 | 0,02050 | 1 363 | 1 380 | 325,7 | 329,8 |
| 100,00 | 311,0 | 0,01804 | 1 407 | 1 319 | 336,3 | 315,2 |
| 110,00 | 318,1 | 0,01601 | 1 450 | 1 258 | 346,5 | 300,6 |
| 120,00 | 324,7 | 0,01428 | 1 492 | 1 197 | 356,3 | 286,0 |
| 130,00 | 330,8 | 0,01280 | 1 532 | 1 135 | 365,9 | 271,1 |
| 140,00 | 336,6 | 0,01150 | 1 571 | 1 070 | 375,4 | 255,7 |
| 150,00 | 342,1 | 0,010340 | 1 610 | 1 004 | 384,7 | 239,9 |
| 200,00 | 365,7 | 0,005877 | 1 826 | 592 | 436,2 | 141,4 |

1 kcal = 4,186 kJ
 1 kJ = 0,24 kcal



Vapeur secondaire ou vapeur de revaporisation

Qu'est-ce que la vapeur de revaporisation ? Lorsque du condensat chaud ou de l'eau de chaudière sous pression est relâchée à une pression inférieure, une partie de cette eau s'évapore ; la fraction évaporée est généralement désignée par le terme de vapeur secondaire ou vapeur de revaporisation.

Importance de la vapeur de revaporisation ? L'importance de la vapeur de revaporisation vient du fait qu'elle contient de la chaleur qui peut être récupérée pour optimiser le fonctionnement de l'installation, sinon cette énergie est perdue.

Comment la vapeur de revaporisation se forme t-elle ? Lorsque de l'eau est chauffée à la pression atmosphérique (1,013 bar abs.), sa température augmente jusqu'à ce qu'elle atteigne 100°C, qui est la température limite à laquelle l'eau peut exister sous forme liquide à cette pression. Un apport supplémentaire de chaleur n'élève pas cette température, mais transforme l'eau en vapeur.

La chaleur absorbée par l'eau en élevant sa température jusqu'au point d'ébullition est appelée « chaleur sensible ». La chaleur nécessaire pour transformer de l'eau en vapeur au point d'ébullition est appelée « chaleur latente ». L'unité de chaleur généralement utilisée est le kJ. La quantité de chaleur nécessaire pour augmenter la température d'un kilogramme d'eau de 1°C à la pression atmosphérique est de 4,186 kJ.

Lorsque l'eau est chauffée sous pression, le point d'ébullition est supérieur à 100°C ; la chaleur sensible est alors plus élevée. Plus la pression est élevée, plus la température d'ébullition et l'enthalpie (chaleur totale) augmentent. Lorsque la pression diminue, une certaine quantité de chaleur sensible est libérée. Cet excès de chaleur est absorbé sous forme de chaleur latente, ce qui entraîne l'évaporation soudaine d'une partie de l'eau et la formation de vapeur.

Le condensat à la température de la vapeur sous 10 bar(a) a une enthalpie de 762 kJ/kg. (Voir colonne 4 de la table de vapeur.) Si ce condensat est déchargé à la pression atmosphérique, soit à 1 bar(a), son enthalpie passe instantanément à 417 kJ/kg et la différence de 345 kJ revaporise une partie du condensat. Le pourcentage de vapeur de revaporisation ainsi produite peut être calculé par la formule :

$$\% \text{ vapeur de revaporisation} = \frac{q_1 - q_2}{r} \times 100$$

q_1 = Chaleur sensible du condensat à la pression supérieure avant décharge.

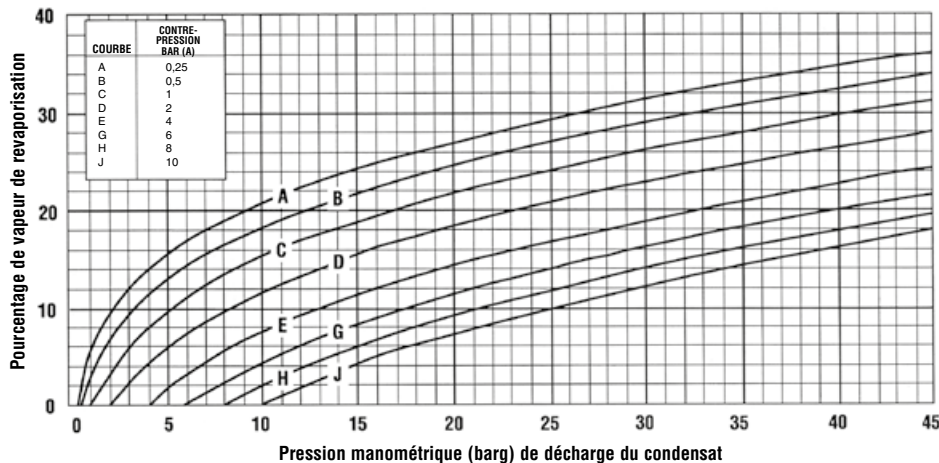
q_2 = Chaleur sensible du condensat à la pression inférieure à laquelle la décharge se produit.

r = Chaleur latente de la vapeur à la pression inférieure à laquelle le condensat est évacué.

$$\% \text{ vapeur de revaporisation} = \frac{762 - 417}{2257} \times 100 = 15,3\%$$

Le diagramme CG-11-1 indique la quantité de vapeur de revaporisation produite pour différentes pressions de décharge du condensat. **Vous trouverez d'autres tableaux utiles à la page CG-63 (Tableaux techniques).**

Diagramme CG-11-1. Pourcentage de vapeur de revaporisation produite lors d'une décharge du condensat à pression réduite.



La vapeur est un gaz invisible produit par un apport de chaleur à l'eau d'une chaudière. Une quantité suffisante d'énergie doit être apportée pour élever la température de l'eau jusqu'au point d'ébullition. Ensuite, toute apport calorifique supplémentaire transforme l'eau en vapeur, sans augmentation de température.

La vapeur est un fluide caloporteur efficace et dont la régulation est aisée. La vapeur est souvent utilisée pour transporter l'énergie produite par une chaudière centrale et distribuée à certain nombre d'endroits où elle est utilisée dans des processus ou pour chauffer de l'air ou de l'eau.

Comme mentionné plus haut, des kilojoules supplémentaires sont nécessaires pour transformer l'eau en vapeur. Cette énergie n'est pas perdue : conservée dans la vapeur, elle est prête à être cédée pour les applications les plus diverses, qu'il s'agisse de réchauffer de l'air, cuire des tomates, repasser des pantalons ou sécher un rouleau de papier.

La chaleur requise pour transformer l'eau bouillante en vapeur est appelée chaleur de vaporisation ou chaleur latente. Cette quantité de chaleur diffère pour chaque couple de valeurs température/pression, comme le montrent les tables vapeur.

La vapeur en action

Comment utilise-t-on la chaleur de la vapeur

La chaleur s'écoule d'un niveau de température supérieur vers un niveau inférieur, selon un processus appelé transfert de chaleur. De la chambre de combustion de la chaudière, la chaleur est transférée à l'eau par les tubes de la chaudière. Lorsque la pression de la chaudière augmente, la vapeur est propulsée dans les tuyaux de distribution et les réchauffe. La chaleur de la vapeur s'écoule à travers les parois des tuyaux vers l'air ambiant plus froid. Ce transfert de chaleur s'accompagne du changement d'une partie de la vapeur en eau. C'est pourquoi les conduites de distribution sont habituellement isolées, de façon à minimiser les transferts de chaleur inutiles et indésirables.

Une fois la vapeur arrivée dans les échangeurs de chaleur du système, la situation est différente. Ici, le transfert de chaleur est un phénomène désirable. Dans un radiateur, la chaleur passe dans l'air ; dans un chauffe-eau, elle passe dans l'eau ; dans un cuiseur, elle passe dans la nourriture. Rien ne devrait gêner ce transfert de chaleur.

Purge du condensat

Pourquoi est-elle nécessaire ?

Dans un système à vapeur, le condensat est un sous-produit du transfert de chaleur. Dans les canalisations de distribution, du condensat se forme en raison des inévitables pertes par rayonnement. Dans les appareils de chauffage et dans les équipements industriels, il résulte du transfert de chaleur désirable entre la vapeur et les substances réchauffées. Une fois que la vapeur a condensé, après avoir cédé sa précieuse chaleur latente, le condensat chaud doit être éliminé le plus rapidement possible. Bien que la chaleur d'un kilogramme de condensat soit négligeable par rapport à la même masse de vapeur, le condensat est une eau chaude précieuse qui doit idéalement retourner à la chaudière.

Définitions

- **Le kJ.** Une quantité de chaleur de 4,186 kJ (kilojoules) est requise pour élever la température d'un kg d'eau froide de 1°C. Inversement, cette même quantité de chaleur est cédée par un kg d'eau se refroidissant par exemple de 20°C à 19°C.
- **Température.** Degré de chaleur indépendant de la quantité d'énergie calorifique disponible.
- **Chaleur.** Mesure de la quantité d'énergie disponible, indépendante de la température. À titre d'illustration, les 4,186 kJ permettant d'élever la température d'un kg d'eau de 10°C à 11°C peuvent provenir de l'air ambiant à 20°C ou d'une flamme à 500°C.

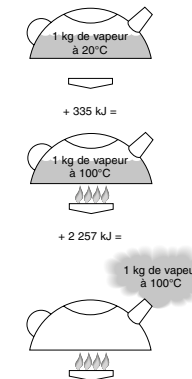


Figure CG-12-1. Ces dessins montrent la quantité de chaleur nécessaire pour générer un kg de vapeur à la pression atmosphérique. Il est à noter que tout accroissement de température de 1°C jusqu'au point d'ébullition demande 4,186 kJ, alors que la transformation d'eau en vapeur à 100°C demande beaucoup plus de kJ.

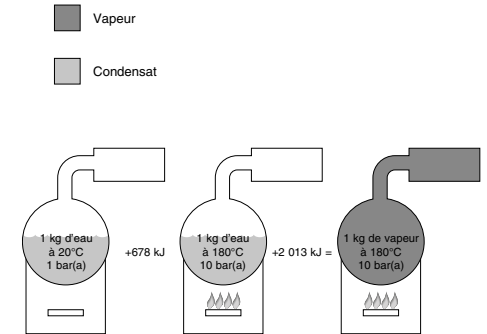


Figure CG-12-2. Ces dessins montrent la quantité de chaleur nécessaire pour générer un kg de vapeur sous une pression de 10 bar(a). On notera que la chaleur sensible et la température d'ébullition sont plus élevées à 10 bar(a) qu'à la pression atmosphérique. De même, la quantité d'énergie requise pour transformer l'eau en vapeur est plus faible lorsque la température augmente.

Nécessité de purger le système de distribution.

Le condensat reposant dans le bas des conduites de vapeur peut être à l'origine de coups de béliers. Se déplaçant à une vitesse de 150 km/h, la vapeur engendre des ondes lorsqu'elle passe au-dessus du condensat (fig. CG-13-2). Si la formation de condensat est suffisante, celui-ci est entraîné par la vapeur à haute vitesse et forme progressivement un dangereux bouchon par accumulation de liquide en aval. Tout changement de direction de l'écoulement (accessoire de canalisation, vanne de régulation, raccord en T, coude, bride pleine) peut alors occasionner des dégâts. Outre les dégâts de ce « bélier », l'eau à grande vitesse peut éroder les canalisations et leurs accessoires en arrachant des particules de métal en surface.

Nécessité de purger les échangeurs de chaleur. Lorsque la vapeur entre en contact avec du condensat refroidi à une température inférieure à sa propre température, il peut se produire un autre type de coup de bélier, appelé *choc thermique*. Comme la vapeur occupe un volume plus important que le condensat, elle produit, en cas de condensation brusque, des ondes de choc qui se propagent dans tout le système. Cette forme de coup de bélier peut endommager les équipements ; il est le signe que le condensat n'est pas évacué du système.

Dans les échangeurs de chaleur, on comprend aisément que le condensat prend de la place et réduit la surface et la capacité d'échange des appareils. Si le condensat est éliminé rapidement, l'unité reste remplie de vapeur (fig. CG-13-3). Lorsque la vapeur se condense, un film d'eau se forme sur la surface intérieure de l'échangeur. Les gaz non condensables ne se transforment pas en liquide et s'écoulent par gravité. Ils s'accumulent en film mince sur la surface de l'échangeur, au-dessus des dépôts d'impuretés et de calcaire. Toutes ces accumulations peuvent nuire au transfert de chaleur (fig. CG-13-1).

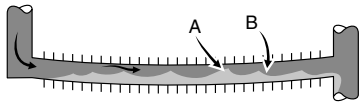


Figure CG-13-2. Le condensat pouvant s'accumuler dans les conduites est entraîné selon un mouvement de vagues par la vapeur s'écoulant au-dessus, jusqu'à ce qu'il bloque le débit de vapeur au point A. Dans la section B, le condensat provoque une différence de pression qui permet à la pression de vapeur de pousser le bouchon d'eau à grande vitesse, provoquant ainsi un coup de bélier.

Nécessité d'éliminer l'air et le CO₂. Au démarrage, les équipements contiennent toujours de l'air ; l'eau d'alimentation de la chaudière en contient également. L'eau d'alimentation peut également contenir des carbonates en solution qui sont libérés sous forme de dioxyde de carbone. Dans son mouvement rapide, la vapeur repousse les gaz contre les parois de l'échangeur où ils peuvent bloquer le transfert de chaleur. Ce problème s'ajoute à celui de la purge du condensat, car ces gaz doivent être éliminés en même temps que le condensat.

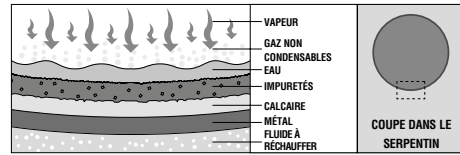


Figure CG-13-1. Barrières de potentiel gênant le transfert de chaleur : la chaleur de la vapeur et la température doivent franchir ces barrières de potentiel.

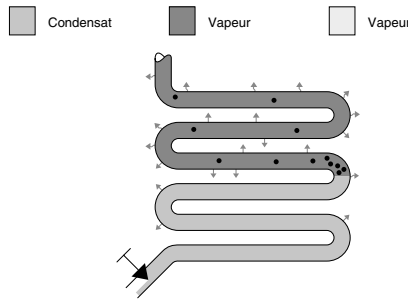


Figure CG-13-3. Le serpentin à moitié rempli de condensat ne peut fonctionner à pleine puissance.

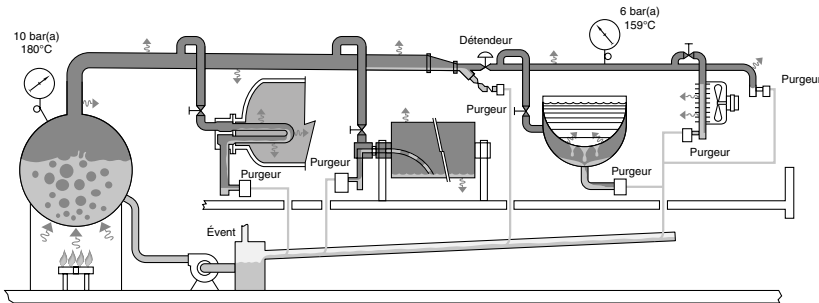


Figure CG-13-4. Il faut noter que la chaleur rayonnée par le système de distribution entraîne la formation de condensat, ce qui nécessite des purgeurs aux points bas ou en amont des vannes de régulation. Dans les échangeurs de chaleur, les purgeurs accomplissent la fonction essentielle d'éliminer le condensat avant que celui-ci ne forme une barrière de potentiel bloquant le transfert de chaleur. Le condensat chaud est renvoyé à la chaudière au travers des purgeurs.

Effet de l'air sur la température de la vapeur

Lorsque de l'air ou d'autres gaz pénètrent dans le système, ils occupent une partie du volume que la vapeur ne peut plus occuper. La température du mélange air/vapeur chute au-dessous de la température de la vapeur pure. La figure CG-14-1 décrit l'effet de l'air dans les conduites de vapeur. Le tableau CG-14-1 et le diagramme CG-14-1 montrent les différentes chutes de température à différents pourcentages et différentes pressions.

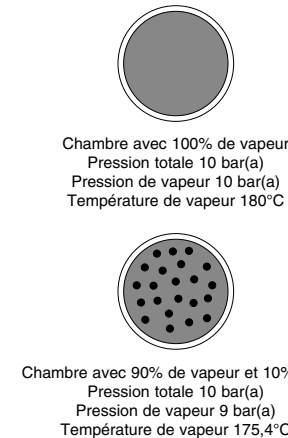
Effet de l'air sur le transfert de chaleur

Le débit normal de vapeur entraîne avec lui de l'air et des gaz le long des surfaces de l'échangeur de chaleur. Comme ces gaz ne se condensent pas, ils s'accumulent par gravité pour former une barrière de potentiel entre la vapeur et la surface de l'échangeur. Étant donné ses excellentes propriétés d'isolant thermique, l'air atténue le transfert de chaleur. Sous certaines conditions, une teneur de 1/2 à 1% en volume d'air dans la vapeur peut réduire le coefficient de transfert de chaleur de 50% (fig. CG-15-1).

Lorsque des gaz non condensables (essentiellement de l'air) continuent de s'accumuler, ils peuvent progressivement remplir l'échangeur de chaleur et bloquer en même temps le débit de vapeur. L'unité est alors dite « désamorcée par l'air ».

| Pression (bar(a)) | Temp. vapeur, sans air (°C) | Temp. vapeur avec différents pourcentages d'air (en volume) (°C) | | |
|-------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------|-------|-------|
| | | 10% | 20% | 30% |
| 2 | 120,2 | 116,7 | 113,0 | 110,0 |
| 4 | 143,6 | 140,0 | 135,5 | 131,1 |
| 6 | 158,8 | 154,5 | 150,3 | 145,1 |
| 8 | 170,4 | 165,9 | 161,3 | 155,9 |
| 10 | 179,9 | 175,4 | 170,4 | 165,0 |

Figure CG-14-1. Une chambre contenant de l'air et de la vapeur ne fournit que la chaleur correspondant à la pression partielle de vapeur et non la chaleur de la pression totale.



Corrosion

Les deux principales causes d'entartrage et de corrosion sont la présence de dioxyde de carbone (CO₂) et d'oxygène (O₂). Le CO₂ pénètre dans le système sous forme de carbonates dissous dans l'eau d'alimentation ; une fois mélangés au condensat refroidi, ces carbonates se décomposent en acide carbonique. Extrêmement corrosif, l'acide carbonique peut attaquer et percer les canalisations et les échangeurs de chaleur (fig. CG-15-2). L'oxygène pénètre dans le système sous forme de gaz dissous dans l'eau d'alimentation. Il renforce l'action de l'acide carbonique et accélère la corrosion par piqûre des surfaces en fonte et en acier (fig. CG-15-3).

Élimination des facteurs indésirables

En résumé, les purgeurs doivent évacuer le condensat, car celui-ci peut réduire le transfert de chaleur et provoquer des coups de bélier. Les purgeurs doivent également éliminer l'air et autres gaz non condensables, car ils peuvent atténuer le transfert de chaleur en abaissant la température de la vapeur et en isolant le système. Ils peuvent aussi favoriser la corrosion destructive. Il est donc essentiel d'éliminer le condensat, l'air et le CO₂ aussi rapidement et aussi complètement que possible. Ce travail est réalisé par un *purgeur*, qui n'est autre qu'une vanne automatique qui s'ouvre pour laisser s'échapper le condensat, l'air et le CO₂ et se referme pour empêcher la vapeur de sortir. Pour des raisons économiques, le purgeur doit être capable de fonctionner pendant de longues périodes avec un minimum d'entretien.

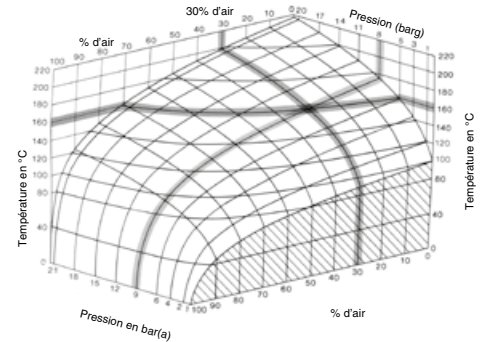


Diagramme CG-14-1. Mélange vapeur-air

Chute de température causée par différents teneurs en air à différentes pressions. Ce diagramme permet d'obtenir la température et le pourcentage d'air à une pression connue en déterminant le point d'intersection entre les courbes de pression, de température et de pourcentage d'air en volume. Soit, par exemple, un système avec une pression de 9 bar(a) et une température d'échangeur de 160°C. Le diagramme permet de déterminer qu'il y a 30% d'air par volume dans la vapeur.

La vapeur – Concepts de base

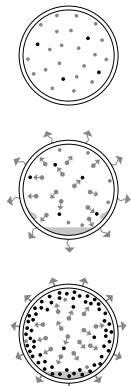


Fonction du purgeur

Le purgeur a pour fonction d'éliminer le condensat, l'air et le CO₂ du système au fur et à mesure de leur accumulation. De plus, afin d'atteindre une efficacité de fonctionnement et de réaliser des économies, le purgeur doit également assurer :

- Pertes de vapeur minimales.** Le Tableau CG-15-1 montre combien des fuites de vapeur non surveillées peuvent être coûteuses.
- Longue durée de vie et bonne fiabilité.** Une usure rapide des pièces amène rapidement un purgeur à un point de non-fiabilité. Un purgeur efficace permet d'économiser de l'argent en minimisant les tests, les réparations, le nettoyage et les pertes correspondantes.
- Résistance à la corrosion.** Les pièces fonctionnelles du purgeur doivent résister à la corrosion afin d'éviter les effets nuisibles du condensat chargé d'oxygène et d'acide.
- Évacuation de l'air.** La vapeur peut contenir de l'air à tout moment et en particulier au démarrage du système. L'air doit être éliminé pour un transfert de chaleur efficace et pour prévenir le désamorçage du système.
- Évacuation du CO₂.** L'élimination du CO₂ à la température de la vapeur prévient la formation d'acide carbonique. Le purgeur doit donc fonctionner à une température proche de la température de la vapeur, puisque le CO₂ se dissout dans le condensat qui se trouve à une température inférieure.
- Efficacité en cas de contre-pression.** La pressurisation des conduites de retour peut se produire intentionnellement ou non intentionnellement. Un purgeur doit fonctionner en toutes circonstances, même en cas de contre-pression dans la conduite de retour.
- Insensibilité aux impuretés.** Les impuretés constituent un problème permanent du fait que les purgeurs sont installés aux points bas du système. Le condensat se charge d'impuretés et de calcaire dans les conduites et des particules solides peuvent être entraînées au départ de la chaudière. Même les particules passant au travers des filtres sont érosives ; le purgeur doit donc être capable de fonctionner en présence d'impuretés.

Figure CG-15-1. La vapeur qui se condense dans un échangeur amène de l'air sur la surface d'échange, où il s'accumule pour former une couche isolante.



Condensat Vapeur

Un purgeur qui n'assure pas toutes ces fonctions souhaitables réduira le rendement du système et augmentera les coûts d'exploitation. À l'inverse, lorsque les purgeurs possèdent toutes ces caractéristiques, le système peut :

- Assurer une montée en température rapide des échangeurs de chaleur
- Maintenir une température maximum et optimiser ainsi le transfert de chaleur de la vapeur
- Bénéficier de la puissance maximum des échangeurs
- Consommer un minimum de combustible
- Nécessiter un minimum de main-d'œuvre par unité de puissance
- Avoir une longue durée de vie avec un minimum d'entretien

Certaines applications ne nécessitent pas des purgeurs répondant à toutes ces exigences techniques ; dans la majorité des cas, toutefois, les purgeurs présentant les caractéristiques énumérées ci-dessus permettent d'obtenir des résultats optimaux.

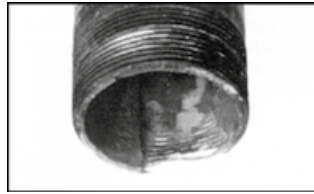


Figure CG-15-2. Le CO₂ se combine avec le condensat, dont la température peut être inférieure à celle de la vapeur et qui forme dans ce cas de l'acide carbonique, lequel corrode les canalisations et les échangeurs de chaleur. On remarquera sur l'illustration les filets rongés sur le tuyau.

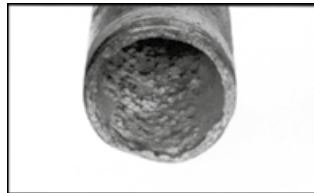


Figure CG-15-3. L'oxygène présent dans le système accélère la corrosion (oxydation) des conduites et provoque des piqûres comme celles illustrées ci-dessus.

Figs. CG-15-2 et CG-15-3 avec autorisation de Dearborn Chemical Company, USA.

| Taille d'orifice (pouces) | Tonnes de vapeur perdue par mois | Coût total mensuel (€) | Coût total annuel (€) |
|---------------------------|----------------------------------|------------------------|-----------------------|
| 1/2» | 379,5 | 3 795 | 45 540 |
| 7/16» | 289,5 | 2 895 | 34 740 |
| 3/8» | 213,6 | 2 136 | 25 632 |
| 5/16» | 147,7 | 1 477 | 17 724 |
| 1/4» | 95,4 | 954 | 11 448 |
| 3/16» | 53,2 | 532 | 6 384 |
| 1/8» | 23,8 | 238 | 2 856 |

Ces valeurs de perte sont basées sur un débit de vapeur sèche s'échappant vers l'atmosphère par un orifice en mince paroi, en l'absence de condensat. La présence de condensat réduirait en principe ces pertes du fait de la revaporisation qui se produit lors d'une chute de pression.



Purgeurs de vapeur à flotteur inversé ouvert

Le purgeur à flotteur inversé ouvert Armstrong est un purgeur mécanique exploitant la différence de densité entre la vapeur et l'eau. Voir fig. CG-16-1. Lorsque de la vapeur entre dans le flotteur inversé, celui-ci remonte, fermant ainsi l'orifice d'évacuation. Immersé dans du condensat, le flotteur est entraîné vers le bas par son poids, ce qui ouvre l'orifice d'évacuation. Contrairement à d'autres purgeurs mécaniques, le purgeur à flotteur inversé permet de purger en permanence l'air et le dioxyde de carbone à la température de la vapeur.

Ce principe simple d'évacuation du condensat a été introduit par Armstrong en 1911. Au fil des ans, les matériaux et les procédés de fabrication ont été améliorés pour aboutir au purgeur à flotteur inversé ouvert actuel, pratiquement inégalé sur le marché en efficacité, fiabilité et durée de vie.

Fonctionnement économique et longue durée de vie

Le cœur de ce procédé de purge est constitué par un mécanisme unique à levier libre. Le mécanisme à levier libre démultiplie la force exercée par le flotteur et permet d'ouvrir le clapet en réaction à la pression. L'absence de pivot fixe élimine tout frottement et par conséquent toute usure. Le flotteur est conçu pour ouvrir l'orifice d'évacuation au maximum de sa capacité. Comme le flotteur est ouvert à sa partie inférieure, il résiste aux coups de bélier. De plus, tous les points d'usure sont renforcés pour augmenter la durée de vie.

Les purgeurs Armstrong à flotteur inversé ouvert maintiennent leur aptitude à conserver l'énergie, même en présence d'usure. Une augmentation progressive de l'usure provoque un accroissement du diamètre du siège et modifie la silhouette et le diamètre de la bille. Pour pallier ce phénomène, la bille se positionne automatiquement et plus profondément dans son siège.

Fonctionnement fiable

Le purgeur Armstrong à flotteur inversé doit sa fiabilité à un design qui le rend pratiquement insensible aux impuretés. Remarquez que la bille et son siège se trouvent en haut du purgeur. Les plus grandes particules tombent au fond, où elles sont pulvérisées par les mouvements alternatifs du flotteur. Comme le clapet du purgeur FIO est toujours soit entièrement ouvert, soit entièrement fermé, les impuretés peuvent circuler librement. De plus, le flux de condensat passant rapidement au-dessous du bord inférieur du flotteur crée un courant auto nettoyant qui évacue les sédiments hors du purgeur. Le purgeur à flotteur inversé ouvert possède seulement deux parties mobiles : l'équipage mobile et le flotteur. Il n'y a donc pas de point fixe, source de frottement et d'usure, ni de liaison compliquée.

Pièces résistantes à la corrosion

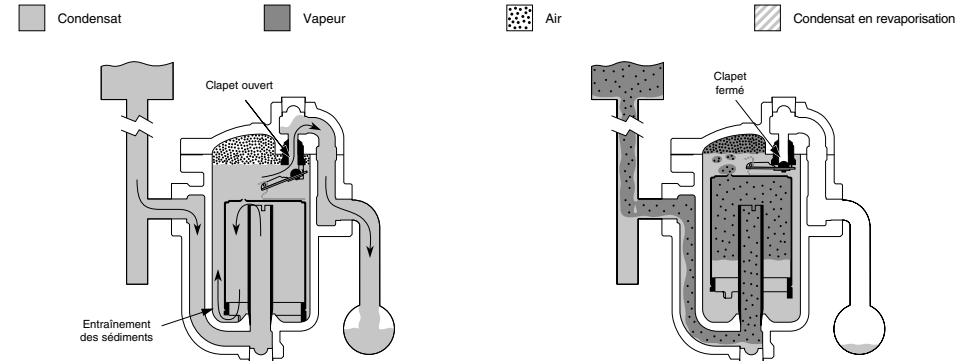
Le clapet et le siège du purgeur FIO Armstrong sont en acier inoxydable à haute teneur en chrome, traités thermiquement puis rodés. Toutes les autres pièces sont elles aussi en acier inoxydable et résistantes à l'usure.

Efficacité en cas de contre-pression élevée

Une haute pression dans la conduite d'évacuation réduit la différence de pression de part et d'autre du clapet. Si la contre-pression s'approche de la pression d'entrée, l'évacuation se produit en continu, exactement comme dans le cas de très faibles différences de pression.

La contre-pression n'a aucun effet sur le fonctionnement du purgeur, si ce n'est une réduction de débit lorsque la pression différentielle devient faible. Simplement, le flotteur doit exercer un effort moindre pour ouvrir le clapet et compléter le cycle de purge.

Figure CG-16-1. Fonctionnement du purgeur à flotteur inversé ouvert (à une pression proche du maximum)



1. Le purgeur est installé dans la conduite d'évacuation entre l'unité réchauffée par la vapeur et le collecteur de retour de condensat. Au démarrage, le flotteur est en bas et le clapet est complètement ouvert. Une première arrivée de condensat pénètre dans le purgeur en s'écoulant par le bas du flotteur, remplit le corps du purgeur et finit par submerger le flotteur. Le condensat s'évacue ensuite par le clapet grand ouvert vers le collecteur de retour.

2. La vapeur pénètre également dans le purgeur au bas du flotteur, s'élève et s'accumule en haut, où elle exerce une poussée. Le flotteur se soulève et pousse le clapet sur son siège jusqu'à ce qu'il se ferme hermétiquement. L'air et le dioxyde de carbone passent en permanence au travers de l'évent du flotteur et s'accumulent en haut du purgeur. La vapeur qui s'échappe par cet événement est condensée par rayonnement du purgeur.

Purgeurs à flotteur inversé ouvert

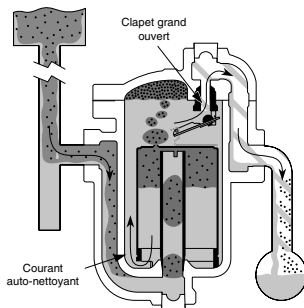
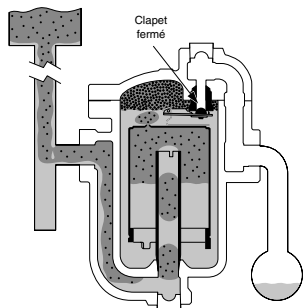


Types de purgeurs Armstrong à flotteur inversé ouvert répondant à des exigences spécifiques

Les corps des purgeurs inversés ouverts sont disponibles en différents matériaux ; différentes configurations de raccordement et autres variables sont également possibles, donnant ainsi une très grande souplesse d'application en cas de besoins spécifiques. Voir tableau CG-17-1.

- Purgeurs entièrement en acier inoxydable.** Les corps hermétiques et inviolables de ces purgeurs en acier inoxydable résistent parfaitement au gel. Ils peuvent être installés sur des lignes de traçage, collecteurs de condensat et autres services extérieurs soumis au gel. Pressions jusqu'à 45 barg et températures maximales de 427°C.
- Purgeurs en fonte.** Purgeurs FIO standard pour usage général jusqu'à 17 barg de pression et 232°C de température. Disponibles avec connexions latérales, connexions latérales et filtres intégraux, ainsi que connexions d'entrée en bas et connexions de sortie en haut.
- Purgeurs en acier forgé.** Purgeurs FIO standard pour usage à haute pression et haute température (y compris vapeur surchauffée) jusqu'à 186 barg à 560°C.
- Purgeurs en acier inoxydable coulé.** Purgeurs FIO standard à haut débit, pour milieux corrosifs. Réparables. Pressions et températures de 47 barg et 263°C au maximum.

| Matériaux du corps et du chapeau | Fonte | Acier inoxydable | Acier forgé | Acier coulé | Acier inoxydable coulé |
|----------------------------------|-------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Connexions (mm) | 15 – 65 | 15 – 25 | 15 – 50 | 15 – 25 | 15 – 50 |
| Type de raccord | À visser, à bride | À visser, à souder SW ou à bride | À visser, à souder SW ou à bride | À visser, à souder SW ou à bride | À visser, à souder SW ou à bride |
| Pression de service (barg) | 0 à 17 | 0 à 45 | 0 à 180 | 0 à 40 | 0 à 47 |
| Débit max. (kg/h) | 9 500 | 2 000 | 9 500 | 2 000 | 9 500 |



3. Lorsque le flotteur commence à se remplir de condensat, il exerce une force de traction sur le levier. Cette force augmente au fur et à mesure du remplissage, jusqu'à ce qu'elle soit suffisante pour ouvrir le clapet soumis à une pression différentielle.

4. Lorsque le clapet commence à s'ouvrir, la force résultant de cette pression différentielle diminue. Le flotteur s'enfonce alors rapidement, ce qui provoque l'ouverture complète du clapet. L'air accumulé est évacué d'abord, ensuite le condensat. Le courant de condensat au bas du flotteur entraîne les sédiments hors du purgeur. La décharge se poursuit jusqu'à ce que la vapeur pénétrant sous le flotteur le fasse flotter de nouveau, après quoi le cycle recommence.



Purgeur à flotteur fermé et évent thermostatique

Le purgeur à flotteur fermé et évent thermostatique est un purgeur mécanique dont le principe repose à la fois sur la température et la densité. Le clapet à flotteur est actionné par la densité : le flotteur sphérique est fixé à un levier qui le relie au clapet et à son siège. Lorsque le condensat atteint un certain niveau, le flotteur remonte et ouvre le clapet, ce qui permet d'évacuer le condensat. Le condensat forme un joint hydraulique qui empêche la perte de vapeur.

Comme le clapet d'évacuation est sous eau, il ne permet pas d'évacuer l'air et les gaz non condensables. Lorsque l'accumulation d'air et de gaz non condensables provoque une chute de température, l'évent thermostatique situé en haut du purgeur actionne l'évacuation. L'évent thermostatique s'ouvre à une température de quelques degrés inférieure à la température de saturation ; il permet donc d'évacuer un grand volume d'air, par un orifice séparé, à une température toutefoits légèrement plus basse.

Les purgeurs Armstrong FF offrent un grand débit d'évent, réagissent immédiatement à l'entrée de condensat et conviennent à la fois aux applications industrielles et HVCA.

Fonctionnement fiable et pression de vapeur modulante

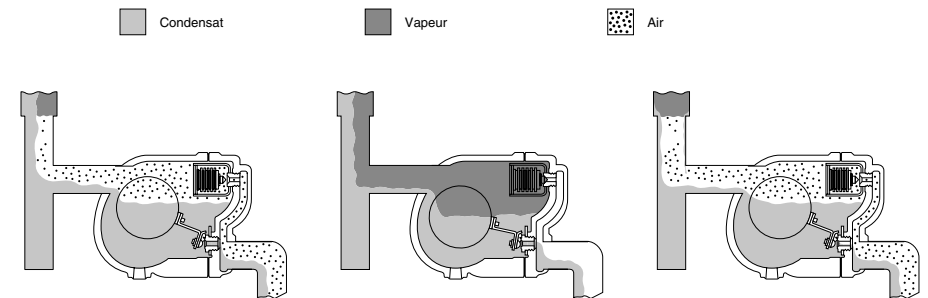
Sous certaines conditions, la pression de vapeur peut devenir « modulante », ce qui signifie que la pression de vapeur dans l'échangeur de chaleur purgé peut varier du maximum de pression d'alimentation jusqu'à la pression du vide. Dans les conditions de pression zéro, seule la force de gravité est utilisable pour évacuer le condensat du purgeur. Dans de telles conditions de basse pression, de grandes quantités d'air peuvent également être libérées. L'efficacité des purgeurs FF permet de satisfaire à ces exigences particulières.

Efficacité en cas de contre-pression

La contre-pression n'a aucun effet sur le fonctionnement du purgeur, si ce n'est une réduction du débit en raison de la faible pression différentielle. Une forte contre-pression n'empêche pas la fermeture du purgeur et ne provoque pas de perte de vapeur.

| Matériaux du corps et du chapeau | Fonte | Acier coulé |
|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|
| Connexions (mm) | 15 – 80 | 15 – 80 |
| Type de raccord | À visser ou à bride | À visser, à souder SW ou à bride |
| Pression de service (bar) | 0 à 17 | 0 à 32 |
| Débit max. (kg/h) | 94 000 | 170 000 |

Figure CG-18-1. Fonctionnement du purgeur FF



1. Au démarrage, la basse pression du système chasse l'air par l'évent thermostatique. L'évacuation de l'air est normalement suivie par un grand débit de condensat qui soulève le flotteur et ouvre le clapet principal. Le reste de l'air continue à s'évacuer par l'évent ouvert.

2. Lorsque la vapeur arrive dans le purgeur, l'évent thermostatique répond à la haute température et se ferme. Le condensat continue à s'écouler par le clapet principal dont la position réglée par le flotteur permet d'évacuer le condensat au même débit que le débit d'entrée dans le purgeur.

3. Lorsque de l'air s'accumule dans le purgeur, la température s'abaisse au-dessous de la température de saturation de la vapeur. L'évent thermostatique à pression équilibrée s'ouvre alors pour évacuer l'air.

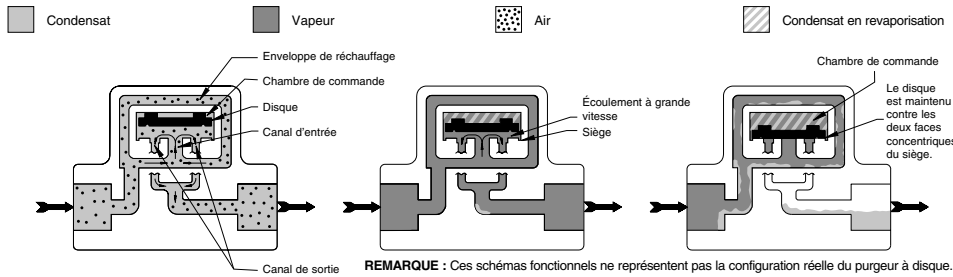
REMARQUE : Ces schémas fonctionnels ne représentent pas la configuration réelle du purgeur FF.

Purgeur thermodynamique



Ce purgeur commandé par un disque est un appareil temporisé dont le principe repose sur la vitesse d'écoulement. Il ne contient qu'une seule pièce en mouvement : le disque proprement dit. Vu sa construction compacte et son faible poids, le purgeur à disque répond aux besoins d'un grand nombre d'applications ou l'espace est limité. En plus de sa simplicité et de sa petite taille, ce purgeur présente encore l'avantage de résister aux coups de bélier, d'évacuer complètement le condensat lorsqu'il est ouvert et de fonctionner par intermittence lorsqu'il est en régime.

Figure CG-19-1. Fonctionnement du purgeur à disque



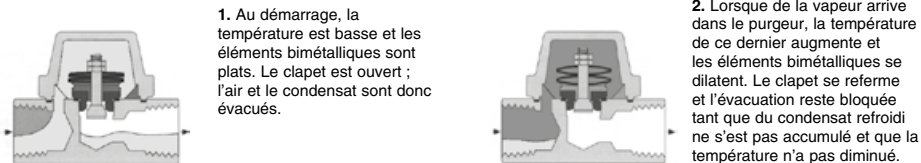
1. Au démarrage, le flux de condensat et d'air passe dans l'enveloppe de réchauffage, autour de la chambre de commande, puis s'engage dans le canal d'entrée. Cet écoulement soulève le disque de son siège, ce qui permet au condensat de s'écouler par les canaux de sortie.
2. La vapeur pénétrant par le canal d'entrée s'écoule sous le disque, fermant ainsi le canal d'entrée et piégeant la vapeur et le condensat au-dessus du disque. Une purge contrôlée de vapeur est prévue ; la reévaporation du condensat permet de maintenir la pression dans la chambre de commande. Lorsque la pression au-dessus du disque diminue, la pression d'entrée soulève le disque de son siège. Le condensat présent est alors évacué et le cycle recommence.
3. Le disque s'applique contre les deux faces concentriques du siège, fermant ainsi le canal d'entrée et piégeant la vapeur et le condensat au-dessus du disque. Une purge contrôlée de vapeur est prévue ; la reévaporation du condensat permet de maintenir la pression dans la chambre de commande. Lorsque la pression au-dessus du disque diminue, la pression d'entrée soulève le disque de son siège. Le condensat présent est alors évacué et le cycle recommence.

| Matériaux du corps et du chapeau | Acier au carbone | Acier inoxydable |
|----------------------------------|----------------------------------|---------------------|
| Connexions (mm) | 10 - 25 | 15 - 25 |
| Type de raccord | À visser, à souder SW ou à bride | À visser ou à bride |
| Pression de service (bar) | 0 à 41 | 0 à 41 |
| Débit max. (kg/h) | 1 300 | 1 150 |

Purgeurs bimétalliques

Dans son principe ; le purgeur bimétallique est actionné par la température agissant sur des éléments constitués de deux couches de métal de coefficient de dilatation différent. À froid, les éléments bimétalliques sont plats. Lorsque la température commence à augmenter, la dilatation différentielle des éléments les déforme en provoquant une courbure. La tige fixée à ces éléments déplace un clapet en position fermée ou ouverte.

Figure CG-19-2. Fonctionnement du purgeur bimétallique



Enceinte de chauffage unique

L'enveloppe de réchauffage du purgeur à disque Armstrong entoure le corps du disque et de la chambre de commande. Le cycle est commandé par le débit de purge de la chambre de commande vers la sortie du purgeur. En d'autres termes, le cycle est défini par conception et ne dépend pas des conditions ambiantes. Sans cette particularité, la pluie, la neige et le froid risqueraient de perturber le cycle de fonctionnement du purgeur.



Purgeurs thermostatiques

Les purgeurs thermostatiques Armstrong existent en deux versions : le type à soufflet à pression équilibrée et le type à capsule. Ils sont construits en un grand nombre de matériaux, notamment en acier inoxydable, en acier au carbone et en bronze. Ces purgeurs sont utilisés dans des applications générant de faibles débits de condensat.

Fonctionnement thermostatique

Les purgeurs thermostatiques sont actionnés par la différence de température entre la vapeur, d'une part, et le condensat refroidi et l'air, d'autre part. La chaleur de la vapeur accroît la pression à l'intérieur de l'élément thermostatique, entraînant la fermeture du purgeur. Lorsque du condensat et des gaz non condensables s'accumulent dans la branche de refroidissement, la température commence à décroître ; l'élément thermostatique se contracte alors et ouvre le clapet. La quantité de condensat accumulée au-dessus du clapet dépend des conditions de débit, de la pression de la vapeur et des dimensions de la canalisation. Il est important de noter qu'une accumulation de gaz non condensables peut se produire derrière le bouchon de condensat.

Figure CG-20-1. Fonctionnement du purgeur thermostatique à soufflet

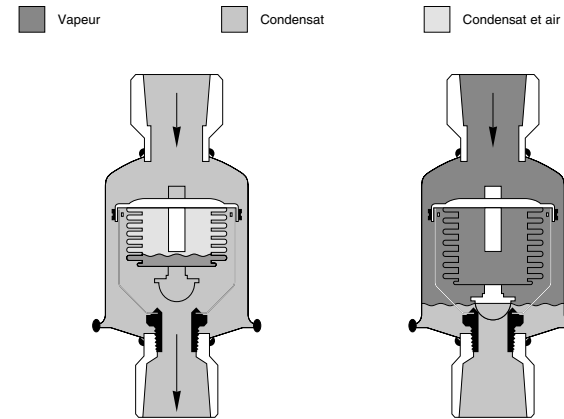
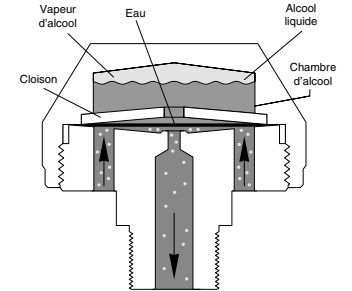


Figure CG-20-2. Fonctionnement du purgeur thermostatique à capsule



Le fonctionnement du purgeur thermostatique à capsule est pratiquement similaire à celui du purgeur à soufflet décrit à la fig. CG-20-1. La capsule est partiellement remplie d'alcool. Lorsque la température s'accroît à l'intérieur du purgeur, la capsule se réchauffe et la tension de vapeur du liquide qu'elle contient augmente. Lorsque la pression à l'intérieur de la capsule excède la pression de la vapeur environnante, la membrane de la capsule s'applique sur le siège et ferme le purgeur. Une chute de température causée par l'arrivée de condensat ou de gaz non condensables réduit la pression à l'intérieur de la capsule et la membrane se décolle du siège.

| | Soufflet à pression équilibrée | | Capsule à pression équilibrée | | |
|----------------------------|--------------------------------|-----------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Acier inoxydable | Bronze | Acier inoxydable | Acier au carbone | Bronze |
| Connexions | 15 - 20 | 15 - 20 | 10 - 25 | 15 - 20 | 15 - 25 |
| Type de raccord | À visser, à souder SW | À visser, droit coudé | À visser, à souder SW | À visser, à souder SW | À visser, droit coudé |
| Pression de service (barg) | 0 - 20 | 0 - 3 | 0 - 27 | 0 - 40 | 0 - 4 |
| Débit max. kg/h | 1 600 | 750 | 30 | 40 | 450 |

REMARQUE : Les purgeurs thermostatiques peuvent également servir à purger l'air des systèmes à vapeur. Lorsque de l'air s'accumule, la température décroît ; l'air est alors évacué automatiquement par l'événement thermostatique à une température légèrement inférieure à celle de la vapeur, pour toute la gamme de pressions.

Contrôleurs différentiels de condensat



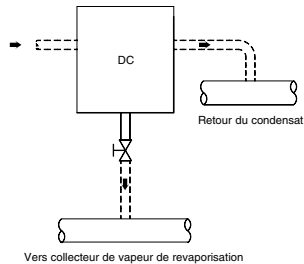
Les contrôleurs différentiels de condensat Armstrong ont été conçus pour remonter du condensat à partir d'un point bas et pour les applications qui nécessitent une augmentation de la vitesse d'évacuation du condensat.

La remontée du condensat d'un point bas (souvent appelée évacuation par siphon) réduit la pression du condensat et provoque une évaporation partielle. Les purgeurs traditionnels se ferment à l'arrivée de vapeur, sans distinction entre vapeur vive et vapeur de revaporisation.

Une augmentation de vitesse favorise l'évacuation du condensat et de l'air dans le contrôleur différentiel. Cette accélération est produite par un by-pass interne, contrôlé par un robinet à pointeau. De cette manière, le contrôleur de condensat élimine automatiquement la vapeur du by-pass ou la vapeur de revaporisation. Cette vapeur est ensuite collectée pour être utilisée dans un autre échangeur de chaleur ou évacuée dans la conduite de retour du condensat.

Le débit des équipements de purge peut varier considérablement selon les applications. Toutefois, le débit d'un seul contrôleur de condensat convient généralement à la plupart des applications.

Figure CG-21-1.



Lorsque la vapeur de revaporisation est collectée et réutilisée dans un échangeur de chaleur, ce schéma de canalisation est recommandé afin d'utiliser l'énergie de la vapeur de façon optimale.

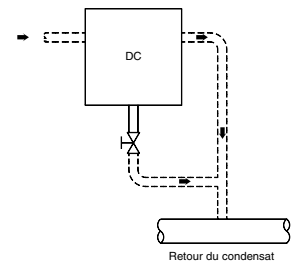


Schéma de canalisation lorsque la vapeur de revaporisation et les gaz non condensables doivent être éliminés et évacués directement dans la conduite de retour.

Fonctionnement du contrôleur de condensat

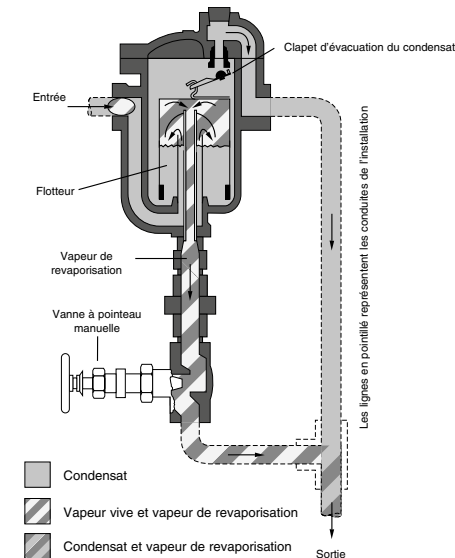
Le condensat, l'air et la vapeur (vive ou de revaporisation) sont amenés à l'entrée du contrôleur. À cet endroit, la vapeur de revaporisation et l'air sont automatiquement séparés du condensat. Ils sont ensuite dirigés à débit contrôlé dans le by-pass intégral, formant de la vapeur de revaporisation (voir fig. CG-21-2).

Le robinet à pointeau est réglé soit au débit de vapeur de revaporisation à pleine capacité, soit pour répondre aux exigences d'écoulement du système. Le condensat s'évacue par un orifice séparé et contrôlé par un flotteur inversé ouvert.

Dans ce concept à deux orifices, la pression différentielle du système de vapeur de revaporisation est régulée alors que l'évacuation du condensat s'effectue à la pression différentielle maximale.

| Matériaux du corps et du chapeau | Fonte | Acier |
|----------------------------------|---------------------|---------------------|
| Connexions (mm) | 15 - 50 | 15 - 80 |
| Type de raccord | À visser ou à bride | À visser ou à bride |
| Pression de service (bar) | 0 à 19 | 0 à 41 |
| Débit max. (kg/h) | 94 000 | 170 000 |

Figure CG-21-2. Fonctionnement du contrôleur différentiel de condensat



- Condensat
- ▨ Vapeur vive et vapeur de revaporisation
- ▩ Condensat et vapeur de revaporisation



Sélection des purgeurs

Pour bénéficier de tous les avantages des purgeurs décrits dans la section précédente, il est essentiel de sélectionner correctement leur taille et leur pression pour une application donnée, puis de les installer et de les entretenir convenablement. Les informations de cette section ont notamment pour but de permettre cette sélection. L'installation proprement dite et l'exploitation des systèmes de purge doivent être confiées à des techniciens expérimentés. Demandez toujours l'aide ou les conseils d'un spécialiste pour la sélection ou l'installation des équipements. Les informations présentées dans cette section ne sauraient remplacer de tels conseils. Pour plus de détails, nous vous invitons à contacter Armstrong ou son représentant local.

Considérations de base

Le captage des condensats consiste à utiliser un purgeur séparé sur chaque unité susceptible de condenser la vapeur et, dans la mesure du possible, sur chaque élément ou serpentin de cette unité. Consultez la rubrique « Courts-circuits », plus loin dans ce catalogue, pour une explication de la différence entre la purge par unité et la purge par groupe.

Faire confiance à l'expérience. Sélectionnez vos purgeurs en vous reposant sur votre expérience, celle de votre représentant Armstrong ou d'autres personnes qui ont appris à purger un équipement similaire.

Dimensionner soi-même. Vous pouvez dimensionner facilement un purgeur à l'aide du logiciel Armstrong « Trap-A-Ware », que vous pouvez commander à l'adresse web www.armstronginternational.eu.

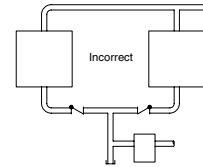


Figure CG-22-1. Deux unités consommant de la vapeur sont purgées par un seul purgeur (groupe de purge) : un court-circuit peut se produire.

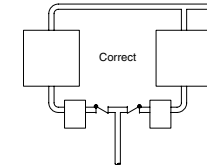


Figure CG-22-2. Lorsque chaque unité est purgée séparément, le court-circuit est impossible et le rendement optimal est assuré.

Débites de condensation et pressions identiques, coefficients de sécurité différents

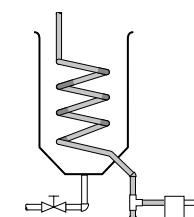


Figure CG-22-3. Serpentin continu, écoulement par gravité à pression constante vers le purgeur. Débit de condensat de 300 kg/h d'un seul serpentin en cuivre à 3 barg. Évacuation par gravité vers le purgeur. Très faible volume occupé par la vapeur. Coefficient de sécurité 2.

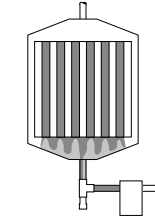


Figure CG-22-4. Échangeur multitubulaire, écoulement par gravité à pression modulée vers le purgeur. Débit de condensat de la chaufferette : 300 kg/h à 5 barg. Les tubes multiples représentent un faible risque de court-circuit. Coefficient de sécurité 3 à 2,5.

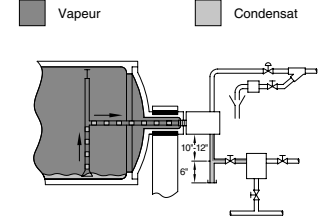


Figure CG-22-5. Grand cylindre purgé par siphon. Débit de 300 kg/h depuis un cylindre de 1 200 mm de diamètre, 2 500 mm de long et 2,8 m³ de volume à 2 barg. Coefficient de sécurité 3 avec un DC et 8 avec un purgeur à flotteur inversé-ouvert.

Même sans l'aide de ce logiciel, vous pouvez déterminer la taille d'un purgeur si vous pouvez calculer les facteurs suivants :

1. Le débit de condensat en kg/h
2. Le coefficient de sécurité à utiliser
3. La pression différentielle
4. La pression maximale admissible

1. Débit de condensat. Chaque section intitulée « Comment... » contient des formules et des informations utiles relatives aux débits de condensation et aux procédures de dimensionnement.

2. Coefficient de sécurité et d'expérience à utiliser. Les utilisateurs ont constaté qu'ils doivent généralement tenir compte d'un coefficient de sécurité dans le dimensionnement des purgeurs. Par exemple, un serpentin condensant 300 kg/h peut nécessiter un purgeur d'une capacité maximale de 900 kg/h pour un résultat optimal. Ce coefficient 3 tient compte de variations dans les débits de condensation, de chutes de pression différentielles intermittentes et de coefficients d'étude du système.

Les coefficients d'étude peuvent varier de 1,5 à 10. Les coefficients de sécurité cités dans ce catalogue sont tirés des nombreuses années d'expérience des utilisateurs.

La configuration affecte le coefficient de sécurité. La conception de l'unité chauffée par la vapeur est un facteur beaucoup plus important que les variations habituelles de débit et de pression. Reportez-vous aux figures CG-22-3, CG-22-4 et CG-22-5 ; elles illustrent trois unités de condensation produisant chacune 300 kg/h de condensat, mais avec des coefficients de sécurité de 2, 3 et 8.

Courts-circuits

Lorsque plusieurs points bas sont raccordés au même purgeur, le condensat et l'air d'un ou de plusieurs de ces points bas pourraient ne pas atteindre le purgeur. Or, toute différence de débit de condensation peut se traduire par une chute de pression de vapeur différente. Une différence de chute de pression à peine mesurable par un manomètre suffit pour que la vapeur de l'unité à plus haute pression bloque le débit d'air ou de condensat de l'unité à plus faible pression. Il en résulte une réduction de chauffage, un gaspillage de puissance et de combustible (voir les figures CG-22-1 et CG-22-2).

Sélection des purgeurs



Sélection d'un purgeur/orifice économique. Bien qu'un coefficient de sécurité adéquat soit nécessaire pour un fonctionnement optimal, un coefficient trop élevé provoque lui aussi des problèmes. Le coût du purgeur et de son installation est plus élevé ; en outre, un surdimensionnement inutile entraîne une usure plus rapide du purgeur. En cas de défaillance, un purgeur surdimensionné perd également plus de vapeur, ce qui peut provoquer des coups de bélier et une contre-pression élevée dans le système de retour.

3. Pression différentielle. La pression différentielle maximum est la différence entre la pression de chaudière ou de vapeur d'alimentation, ou la pression aval d'un régulateur de pression, et la pression de la ligne de retour. Voir fig. CG-23-1. Le purgeur doit pouvoir fonctionner malgré cette pression différentielle.

REMARQUE : En raison de la revaporisation du condensat dans les lignes de retour, il ne faut pas compter sur une diminution de la pression différentielle par une dénivellation.

Pression différentielle de service. Lorsque l'installation fonctionne à son débit maximal, il se peut que la pression de vapeur à l'entrée du purgeur soit inférieure à la pression d'alimentation. La pression dans la ligne de retour peut également devenir supérieure à la pression atmosphérique.

Si la pression différentielle de service atteint 80% de la pression différentielle maximum, il est plus sûr d'utiliser la pression différentielle maximum pour sélectionner le purgeur.

La régulation de l'alimentation en vapeur provoque d'importantes variations de pression différentielle. La pression dans l'unité purgée peut diminuer jusqu'à la pression atmosphérique ou même au-dessous (dépression). Cela n'empêche pas l'évacuation du condensat si les procédures d'installation de ce manuel sont respectées.

IMPORTANT : Veuillez à lire les explications à droite, qui traitent des cas de réduction de pression différentielle moins courants mais toutefois importants.

■ Vapeur ■ Condensat

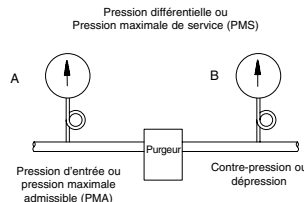


Figure CG-23-1. « A » moins « B » donne la pression différentielle : Si « B » est une contre-pression, soustrayez-la de « A ». Si « B » est une dépression, ajoutez-la à « A ».

4. Pression maximale admissible. Le purgeur doit résister à la pression maximale admissible du système, ou pression de calcul. Il se peut qu'il ne doive jamais fonctionner à cette pression ; néanmoins, il doit être capable de la supporter. Par exemple : la pression d'entrée maximale est à 26 barg et la pression de ligne de retour est à 11 barg. Cette configuration donne une pression différentielle de 15 bar ; le purgeur doit cependant pouvoir résister à une pression maximale admissible de 26 barg. Voir fig. CG-23-1.

Facteurs affectant la pression différentielle

Sauf en cas de défaillance des vannes de régulation de pression, la pression différentielle varie habituellement dans les faibles valeurs de pression normale ou d'étude. Ces phénomènes peuvent être provoqués par des variations de pression à l'entrée ou en sortie.

La pression d'entrée peut être abaissée sous sa valeur normale par :

1. Un vanne de régulation ou un régulateur de température.
2. L'évacuation par siphon. Toute élévation de 1 m du point bas par rapport au purgeur réduit la pression d'entrée (et la pression différentielle) de 0,1 bar. Voir fig. CG-23-2.

La pression d'évacuation peut être augmentée au-dessus de sa valeur normale par :

1. Frottement dans la canalisation.
2. D'autres purgeurs se déchargeant dans des conduites de retour de capacité limitée.
3. Dénivellation du condensat. Toute élévation de 1 m augmente la pression de décharge (et la pression différentielle) de 0,1 bar lorsque seul du condensat est évacué. Toutefois, en cas de revaporisation, la contre-pression supplémentaire peut être ramenée à zéro. Voir fig. CG-23-3 ; on observera la présence du clapet externe.

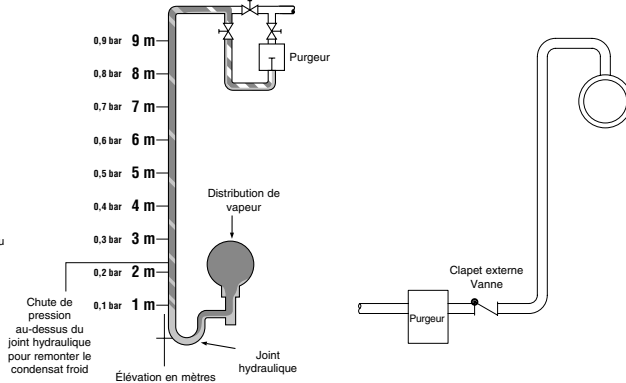


Figure CG-23-2. Le condensat du point bas est remonté par un siphon. Chaque mètre d'élévation réduit la pression différentielle de 0,1 bar. Notez le joint d'eau au point bas et le clapet anti-retour pour éviter les reflux.

Figure CG-23-3. Lorsque le purgeur fonctionne, la pression de vapeur remonte le condensat. Chaque mètre d'élévation réduit la pression différentielle de 0,1 bar.



Comment purger les systèmes de distribution de vapeur

Les systèmes de distribution de vapeur relient les chaudières aux équipements utilisant la vapeur, celle-ci étant transportée aux endroits où son énergie est consommée.

Les trois parties principales d'un système de distribution de vapeur sont les collecteurs de chaudières, les lignes de distribution et les lignes de piquage. Chacune de ces parties répond à certaines exigences du système et contribue à une utilisation efficace de la vapeur en association avec des séparateurs de vapeur et des purgeurs.

Pots de purge. Tous les réseaux de distribution de vapeur ont recours à des pots de purge placés à différents intervalles (fig. CG-24-1). Ils ont pour fonction de :

1. Capter le condensat par gravité, la vapeur circulant à grande vitesse.
2. Accumuler le condensat jusqu'à ce que la pression différentielle puisse l'évacuer au travers d'un purgeur.

Figure CG-24-1. Dimensionnement des pots de purge

Un pot de purge correctement dimensionné doit capter tout le condensat. Si le pot de purge est trop petit, il peut engendrer un effet « venturi » et son contenu peut être aspiré par la chute de pression. Pour un dimensionnement correct, voir tableau CG-26-2, page CG-26.

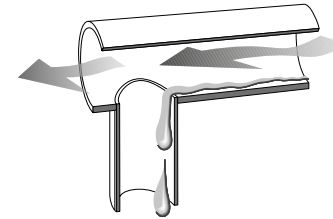


Tableau CG-24-1. Tableau de recommandations
(Pour la définition des lettres codes, voir page CG-9.)

| Équipement à purger | 1er choix et lettres codes | Choix alternatif |
|-------------------------|----------------------------|------------------|
| Collecteur de chaudière | FIO LV M, E, L, N, B, Q | *FF |

* En cas de vapeur surchauffée, ne jamais utiliser de purgeur FF. Toujours utiliser un FIO avec anti-retour interne, clapet et siège renforcés.

| Équipement à purger | 1er choix, lettres codes et choix alternatif | 0 - 2 barg | Supérieur à 2 barg |
|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------|--------------------|
| Conduite principale et lignes de piquage Conditions hors gel | B, M, N, L, F, E, C, D, Q | *FIO | *FIO |
| | Choix alternatif | FF | **FF |
| Conduite principale et lignes de piquage Conditions de gel | B, C, D, E, F, L, M, N, Q, J | *FIO | *FIO |
| | Choix alternatif | Thermostatique ou CD | |

* Prévoir un anti-retour interne si la pression fluctue.

** Utiliser FIO LV au-dessus des limitations FF en pression/température.

REMARQUE : En cas de vapeur surchauffée, toujours utiliser un FIO avec anti-retour interne, clapet et siège renforcés.

Collecteurs de chaudières

Un collecteur de chaudière est un type particulier de conduite de vapeur principale recevant la vapeur d'une ou plusieurs chaudières. Il s'agit habituellement d'une conduite horizontale alimentée par le haut et qui alimente à son tour d'autres conduites principales. Il est essentiel de purger convenablement les collecteurs de chaudières pour s'assurer que les matières entraînées (eau de chaudière et impuretés solides) soient éliminées avant de distribuer la vapeur dans le réseau.

Les purgeurs installés sur les collecteurs doivent être capables d'évacuer de grands bouchons de matières entraînées. La résistance aux coups de bélier doit également être prise en compte lors de la sélection de ces purgeurs.

Sélection des purgeurs et coefficient de sécurité pour les collecteurs de chaudières (vapeur saturée seulement).

Un coefficient de sécurité de 1,5 est recommandé pour pratiquement toutes les utilisations de collecteurs de chaudières. Le débit de purge requis peut être calculé à l'aide de la formule suivante :

Débit de purge requis = Coefficient de sécurité x Débit fourni par les chaudières x Taux de primage prévu (généralement 10%).

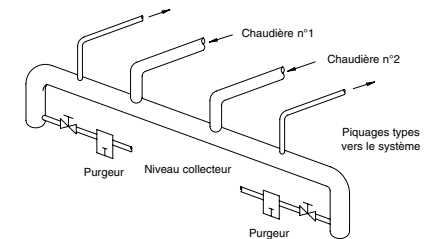
EXEMPLE : Quelle est la taille de purgeur requise pour un débit de 20 000 kg/h et un taux de primage de 10% ? La formule donne :

Débit de purge requis = 1,5 x 20 000 x 0,10 = 3 000 kg/h.

L'aptitude à réagir immédiatement aux bouchons de condensat, l'excellente résistance aux coups de bélier, l'aptitude à traiter les impuretés et l'efficacité aux faibles débits font du purgeur à flotter inversé ouvert l'équipement idéal pour ce type d'application.

Installation. Si la vapeur circule dans le collecteur dans une seule direction, un seul purgeur est suffisant à l'extrémité aval. Lorsque le collecteur est alimenté en son milieu (fig. CG-24-2) ou dans une configuration similaire à deux directions, chaque extrémité du collecteur doit être purgée.

Figure CG-24-2. Collecteurs de chaudières



Pot de purge identique au diamètre de collecteur jusqu'à 100 mm. Au-dessus de 100 mm, 1/2 diamètre de collecteur, mais jamais inférieur à 100 mm.



Conduites de vapeur principales

Les purgeurs sont le plus souvent utilisés dans les conduites de vapeur principales. Afin de maintenir le bon fonctionnement des équipements à vapeur, ces conduites doivent être exemptes d'air et de condensat. Lorsqu'elles sont purgées de manière inadéquate, des coups de bélière et des bouchons de liquide peuvent se présenter et détériorer les vannes de régulation et d'autres équipements.

Il existe deux méthodes pour le réchauffage des conduites de vapeurs principale : le réchauffage supervisé et le réchauffage automatique. Le réchauffage supervisé est généralement utilisé dans le cas de conduites de grand diamètre ou de grande longueur. La méthode suggérée consiste à ouvrir complètement les vannes de purge pour mettre la conduite à la pression atmosphérique avant d'y admettre la vapeur. Ces vannes ne pas sont fermées tant que la majeure partie ou tout le condensat de réchauffage n'est pas évacué. Les purgeurs entrent ensuite en action pour évacuer le condensat qui se forme dans les conditions de fonctionnement normal. Le réchauffage des conduites principales d'une centrale électrique s'effectue suivant un procédé pratiquement identique.

Le réchauffage automatique est utilisé lors du démarrage de la chaudière, ce qui permet la montée en température et la mise sous pression des conduites et de certains ou de tous les équipements sans supervision ou intervention manuelle.

AVERTISSEMENT : Quelle que soit la méthode de réchauffage, il convient de prévoir un cycle de montée en température suffisamment long pour minimiser les contraintes thermiques et éviter tout dégât.

Sélection des purgeurs et coefficient de sécurité pour les conduites de vapeur principales (vapeur saturée seulement).

Les débits de condensat dans les conduites isolées ou non isolées, en réchauffage automatique ou supervisé, sont calculés par la formule suivante :

$$Q_c = \frac{(W_p \times T_1) \times c \times (t_1 - t_2)}{r \times h} \times 60$$

- Q_c = Débit de condensat en kg/h
- W_p = Masse de canalisation en kg/m (voir tableau CG-25-2)
- T_1 = Longueur totale de la conduite de vapeur en m
- c = Chaleur spécifique du matériau de la conduite en kJ/kg°C (acier = 0,48 kJ/kg°C)
- t_2 = Température finale en °C
- t_1 = Température initiale en °C
- r = Chaleur latente en kJ/kg (voir table de vapeur, colonne 5, page CG-10)
- h = Temps de démarrage en minutes

REMARQUE : Pour un calcul rapide, t_1 peut être égal à 0°C et la valeur r peut être fixée à 2 100 kJ/h.

Pour déterminer rapidement le débit de condensat pendant la montée en température de la conduite principale, servez-vous du diagramme CG-25-1. Une fois la valeur correcte établie, multipliez-la par un coefficient de sécurité de 2 (valeur recommandée pour tous les purgeurs situés entre la chaudière et l'extrémité de la conduite principale).

Pour déterminer le débit de condensat en fonctionnement normal (après montée en température), utilisez le tableau CG-25-1.

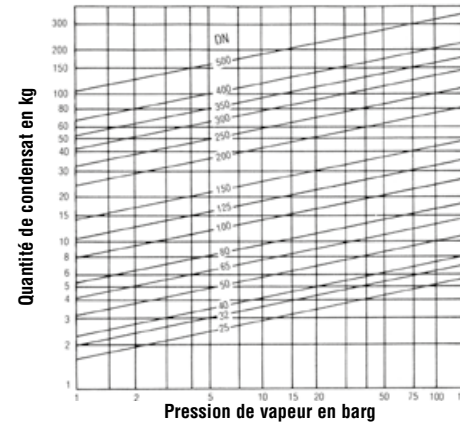
Tableau CG-25-1. Débits de condensation dans les conduites de vapeur en kg/h/m²

| Pression de vapeur (barg) | 1 | 2 | 4 | 8 | 12 | 16 | 21 |
|---------------------------|---|---|-----|-----|----|-----|----|
| Conduite avec isolation | 1 | 1 | 1,5 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 |
| Conduite sans isolation | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |

Tableau CG-25-2. Caractéristiques des conduites pour le calcul des pertes par rayonnement

| Diamètre | | Diamètre extérieur | Surface extérieure | Masse |
|----------|-----|--------------------|--------------------|--------|
| Pouces | DN | mm | m²/m | kg/m |
| 1/8» | 6 | 10,2 | 0,03 | 0,49 |
| 1/4» | 8 | 13,5 | 0,04 | 0,77 |
| 3/8» | 10 | 17,2 | 0,05 | 1,02 |
| 1/2» | 15 | 21,3 | 0,07 | 1,45 |
| 3/4» | 20 | 26,9 | 0,09 | 1,90 |
| 1» | 25 | 33,7 | 0,11 | 2,97 |
| 1 1/4» | 32 | 42,4 | 0,13 | 3,84 |
| 1 1/2» | 40 | 48,3 | 0,15 | 4,43 |
| 2» | 50 | 60,3 | 0,19 | 6,17 |
| 2 1/2» | 65 | 76,1 | 0,24 | 7,90 |
| 3» | 80 | 88,9 | 0,28 | 10,10 |
| 4» | 100 | 114,3 | 0,36 | 14,40 |
| 5» | 125 | 139,7 | 0,44 | 17,80 |
| 6» | 150 | 165,1 | 0,52 | 21,20 |
| 8» | 200 | 219,0 | 0,69 | 31,00 |
| 10» | 250 | 273,0 | 0,86 | 41,60 |
| 12» | 300 | 324,0 | 1,02 | 55,60 |
| 14» | 350 | 355,0 | 1,12 | 68,30 |
| 16» | 400 | 406,0 | 1,28 | 85,90 |
| 20» | 500 | 508,0 | 1,60 | 135,00 |

Diagramme CG-25-1. Quantité de condensat pour 20 m de conduite chauffée de 0° à la température de vapeur saturée



Pour les purgeurs installés entre la chaudière et l'extrémité de la conduite de vapeur, utilisez un coefficient de sécurité de 2. Utilisez un coefficient de sécurité de 3 pour les purgeurs installés entre le collecteur ou l'extrémité de la conduite principale et les vannes d'arrêt qui sont fermées une partie du temps.

Le purgeur à flotteur inversé ouvert est recommandé, étant donné qu'il peut traiter les impuretés et les bouchons liquides et résister aux coups de bélière. En outre, ce type de purgeur reste ouvert en cas de défaillance.

Installation. Les deux méthodes de montée en température utilisent des pots de purge et des purgeurs à tous les points bas ou aux points d'évacuation naturels tels que :

- les tubes prolongateurs, en bout de conduite,
- en amont des joints de dilatation ou des coudes,
- en amont des vannes ou des régulateurs.

Conduites principales de vapeur

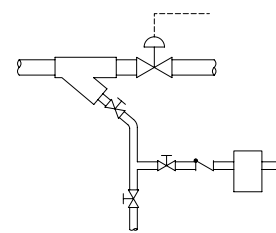


Figure CG-26-1. Filtre en amont d'un détendeur

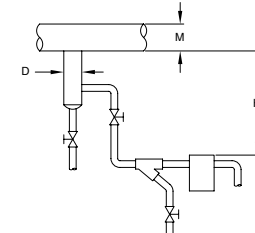


Figure CG-26-2. Pot de purge sur conduite principale

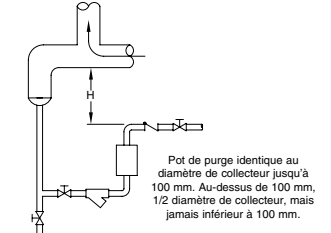


Figure CG-26-3. Pot de purge sur colonne montante. La distance « H » en mètres divisée par 10 = hauteur manométrique (bar) pour pousser le condensat dans le purgeur.

Tableau CG-26-1. Tableau de recommandations (Pour la définition des lettres codes, voir page CG-9.)

| Équipement à purger | 1er choix et lettres codes | Choix alternatif |
|----------------------|-------------------------------|------------------|
| Séparateur de vapeur | FIO LV B, M, L, E, F, N, Q | DC |

Tableau CG-26-2. Dimensions conseillées pour les conduites

| M | D | H | |
|---------------------|--------------|------------------------------------|-------------------------|
| | | Longueur min. du pot de purge (mm) | Réchauffage supervisé |
| Conduite principale | Pot de purge | | Réchauffage automatique |
| Diam. (mm) | Diam. (mm) | | |
| 15 | 15 | 250 | 710 |
| 20 | 20 | 250 | 710 |
| 25 | 25 | 250 | 710 |
| 50 | 50 | 250 | 710 |
| 80 | 80 | 250 | 710 |
| 100 | 100 | 250 | 710 |
| 150 | 100 | 250 | 710 |
| 200 | 100 | 300 | 710 |
| 250 | 150 | 380 | 710 |
| 300 | 150 | 460 | 710 |
| 350 | 200 | 535 | 710 |
| 400 | 200 | 610 | 710 |
| 450 | 250 | 685 | 710 |
| 500 | 250 | 760 | 760 |
| 600 | 300 | 915 | 915 |

Lignes de piquage

Les lignes de piquage sont des branchements sur les conduites principales alimentant des équipements spécifiques en vapeur. L'ensemble du réseau de distribution doit être conçu et branché de manière à éviter toute accumulation de condensat.

Sélection des purgeurs et des coefficients de sécurité pour les lignes de piquage. La formule permettant de calculer le débit de condensat des lignes de piquage est identique à celle utilisée pour les conduites principales. Le coefficient de sécurité recommandé pour les lignes de piquage est également de 3.

Installation. La figure CG-27-1 présente la canalisation recommandée entre la conduite principale et la vanne pour des longueurs inférieures à 3 m ; la figure CG-27-2 correspond aux longueurs supérieures à 3 m. Reportez-vous à la figure CG-27-3 dans le cas où la vanne de régulation doit être placée sous le niveau de la conduite principale.

Si des filtres sont utilisés, installez-les en amont de chaque vanne de régulation ou de chaque détendeur. Prévoyez des vannes de purge, de préférence avec purgeur FIO. Quelques jours après le démarrage de l'installation, examinez les filtres pour vérifier s'ils doivent être nettoyés.

Séparateurs

Les séparateurs de vapeur sont conçus pour éliminer la condensation qui se forme dans le réseau de distribution. Ils sont généralement placés en amont des équipements dont le fonctionnement nécessite de la vapeur très sèche. Ils sont également utilisés dans des conduites de vapeur de revaporisation, qui par nature véhiculent un pourcentage élevé

Ligne de piquage

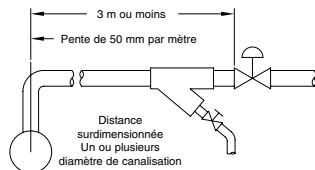


Figure CG-27-1. Canalisation pour distances inférieure à 3 m. Aucun purgeur requis, sauf si la pente vers le collecteur d'alimentation est inférieure à 50 mm par mètre.

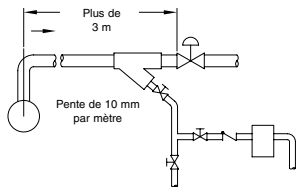


Figure CG-27-2. Canalisation pour distances supérieures à 3m. Pot de purge et purgeur requis en amont de la vanne. Un filtre en amont de la vanne peut servir de pot de purge si la connexion d'extraction se raccorde à un purgeur FIO. Cela minimise également le problème de nettoyage du filtre. Le purgeur doit être équipé d'un anti-retour interne si un clapet de retenue n'est pas prévu en amont.

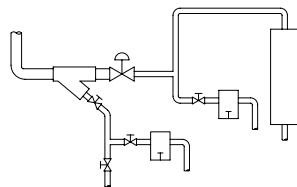


Figure CG-27-3. Quelle que soit la distance, un pot de purge et un purgeur sont requis en amont de la vanne de régulation située au-dessous de l'alimentation vapeur. Si l'échangeur de chaleur se trouve au-dessus de la vanne de régulation, un purgeur doit également être installé en aval de cette dernière.

de condensat. Les critères essentiels de sélection des purgeurs pour les séparateurs sont l'aptitude à traiter les bouchons de condensat, une bonne résistance aux coups de bélier et l'efficacité à faible débit.

Sélection des purgeurs et des coefficients de sécurité pour séparateurs. Utilisez un coefficient de sécurité de 3 dans tous les cas, même si différents types de purgeurs sont conseillés en fonction des débits de condensat et des niveaux de pression.

Appliquez la formule suivante pour calculer le débit de purge requis :

Débit de purge requis en kg/h = coefficient de sécurité x débit de vapeur en kg/h x taux de condensation prévu (généralement 10%).

EXEMPLE : Quel est le débit du purgeur requis pour un débit de vapeur de 500 kg/h ? La formule donne :

Débit de purge requis = $3 \times 500 \times 0,10 = 150 \text{ kg/h}$.

Pour les séparateurs, les purgeurs à flotteur inversé ouvert avec orifice de grande taille sont recommandés. Lorsque les impuretés et les coups de béliers ne sont pas à craindre, un purgeur de type FF est une alternative acceptable.

Dans de nombreux cas, il est préférable d'utiliser un contrôleur différentiel de condensat. Le contrôleur différentiel rassemble les meilleures caractéristiques des deux purgeurs précités ; il est recommandé pour les grands débits de condensat qui excèdent la capacité du séparateur.

Installation

Raccordez le purgeur sous le séparateur à une distance de 250 mm à 300 mm, la canalisation de purge s'étendant sur toute sa longueur jusqu'au branchement du purgeur. La canalisation de purge et le collecteur d'impuretés doivent être du même diamètre que le raccord au purgeur.

Séparateur de vapeur

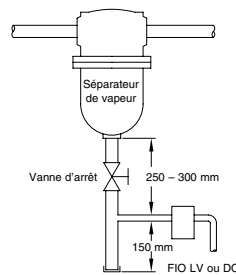


Figure CG-27-4. Purge en aval du séparateur. Un pot de purge et un collecteur d'impuretés de taille maximale sont indispensables pour garantir un écoulement direct et rapide du condensat vers le purgeur.

Une certaine confusion existe du fait qu'au premier abord, il semble que la vapeur surchauffée ne produit pas de condensation et que les conduites véhiculant de la vapeur surchauffée ne contiennent pas de condensat. Ceci est vrai une fois que le système a atteint sa température et sa pression de régime ; toutefois, l'évacuation de condensat est nécessaire tant que le régime n'est pas atteint. Cette section explique en quoi consiste la vapeur surchauffée et quelles sont ses applications.

La chaleur spécifique de toute substance (normalisation en kJ) est la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1°C la température de 1 kg de cette substance ; ainsi, la chaleur spécifique de l'eau est de 4,186 kJ/kg et la chaleur spécifique de la vapeur surchauffée varie en fonction de la température et de la pression. La chaleur spécifique décroît lorsque la température augmente, mais s'accroît si c'est la pression qui augmente.

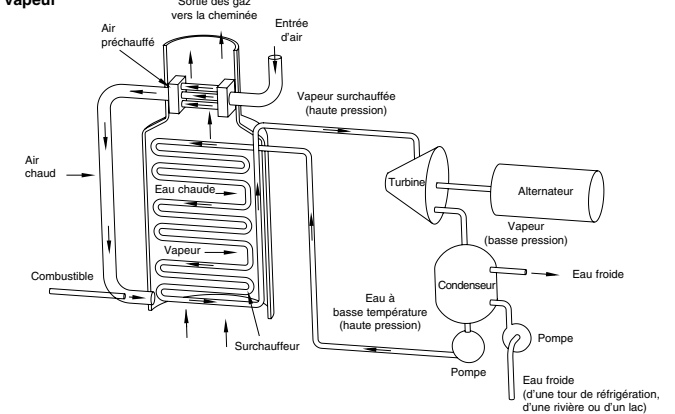
La vapeur surchauffée s'obtient habituellement en ajoutant un jeu de serpentins à l'intérieur ou à la sortie de la chaudière de manière à récupérer la chaleur « perdue ». Une batterie de surchauffe peut également être installée en aval de la chaudière, sur la conduite de vapeur principale. Un générateur de vapeur avec serpentins de surchauffe est représenté schématiquement dans l'illustration ci-dessous.

Propriétés de la vapeur surchauffée

La vapeur surchauffée possède quelques propriétés qui la rendent impropre à l'échange de chaleur, mais qui en font un fluide idéal pour la conversion en travail et le transfert en masse. Contrairement à la vapeur saturée, la pression et la température de la vapeur surchauffée sont indépendantes. Lorsque de la vapeur saturée est surchauffée à pression constante, sa température et son volume augmentent.

Dans les chaudières de forte puissance dont le volume de cuve est relativement faible, la séparation de la vapeur et de l'eau est extrêmement difficile. En raison du faible volume d'eau, les rapides variations de débit engendrent des contractions et dilatations violentes qui s'accompagnent d'un entraînement d'eau par la vapeur. Cette eau peut être éliminée à l'aide de séparateurs et de purgeurs installés sur les conduites de sortie vapeur, sans toutefois atteindre une efficacité de 100%.

Figure CG-28-1. Générateur de vapeur



Dans les applications où de la vapeur sèche est indispensable, des serpentins de surchauffe supplémentaires sont placés dans le foyer de chaudière. La chaleur de convection ainsi apportée à la vapeur permet de vaporiser l'eau entraînée et d'ajouter une petite quantité de surchauffe pour garantir l'obtention de vapeur sèche.

Étant donné que la vapeur surchauffée ne peut restituer qu'une faible quantité de chaleur avant de se transformer en vapeur saturée, elle ne convient pas comme fluide de transfert de chaleur. Certains processus, comme les centrales électriques, ont besoin de vapeur sèche pour fonctionner. Quel que soit le type de centrale, la surchauffe permet de réduire la quantité de condensat lors du démarrage à froid. La surchauffe augmente également la puissance de sortie en retardant la condensation dans les différents étages de la turbine. Une vapeur plus sèche à la sortie de la turbine permet d'augmenter la durée de vie de l'aubage.

Contrairement à la vapeur saturée, la vapeur surchauffée peut céder de l'énergie sans condensation. La vapeur surchauffée peut donc être transportée sur de très longues distances sans que la perte de chaleur produise de la condensation. Il est ainsi possible d'alimenter tout un réseau en vapeur sèche.

Pourquoi purger les réseaux de vapeur surchauffée ?

La principale fonction des purgeurs d'un système à vapeur surchauffée est d'évacuer le condensat qui se forme au démarrage. Le débit de condensat peut être très important en raison de la grande taille des conduites. La durée de la phase de démarrage permet généralement de manœuvrer des vannes de purge manuelles. Cette procédure est appelée « démarrage supervisé ». Les purgeurs ont également une fonction de secours en cas de perte ou de by-pass de la surchauffe, qui peuvent rendre nécessaire un traitement de la vapeur saturée. Dans de telles situations imprévisibles, les vannes manuelles ne peuvent pas être actionnées à temps et des purgeurs sont donc indispensables.

Il est convenu donc, dans tous les cas, d'utiliser des purgeurs convenablement dimensionnés. Le condensat doit être évacué des conduites au fur et à mesure de sa formation afin de maintenir un haut rendement et de minimiser les dégâts des coups de bélier et de l'érosion.

Comment purger des conduites de vapeur surchauffée



Détermination des débits de condensat vers les purgeurs

Dans un système à vapeur surchauffée, le débit de condensat présente de fortes variations entre le démarrage (maximum) et le fonctionnement normal (pratiquement nul). Il s'agit donc d'une application très exigeante pour n'importe quel purgeur.

Au démarrage, les grandes conduites se remplissent progressivement de vapeur à partir des conditions à froid. Pendant cette phase, tant que la température n'augmente pas, les conduites ne contiennent que de la vapeur saturée. La montée en température s'effectue très lentement afin d'éviter les contraintes thermiques. Basse pression et débit de condensat important : telles sont les conditions de démarrage qui nécessitent le recours à des purgeurs à haut débit. Une fois le régime de vapeur surchauffée établi, ces purgeurs surdimensionnés doivent pouvoir fonctionner à de très basses pressions et de très faibles débits.

En général, les débits de démarrage peuvent être calculés grossièrement comme suit :

Utilisant la formule :

$$C = \frac{0,48 W_p (t_2 - t_1)}{H}$$

Où :

- C = Quantité de condensat en kg
- W_p = Masse totale de canalisation (voir tableau CG-25-2, page CG-25) en kg/m
- H = Chaleur totale à la pression X moins la chaleur sensible à la pression Y (chaleur latente de la vapeur. Pour des temps longs de montée en température, utilisez la chaleur totale de la vapeur saturée à la pression d'alimentation en vapeur surchauffée (X), moins la chaleur sensible de la vapeur saturée à la pression moyenne (Y) pendant le temps de montée en température considéré) en KJ/kg.

0,48 = Chaleur spécifique de l'acier de la conduite en kJ/kg°C

EXEMPLE :

Soit une montée en température de 50°C/h
Des conduites de 14 pouces, schedule 80
De la vapeur surchauffée à 83 bar, 577°C
Une température ambiante de 21°C
Une distance de 60 m entre les purgeurs

Pendant les 2 premières heures :

$$W = 60 \text{ m} \times 68,3 \text{ kg/m} = 4\,098 \text{ kg}$$

$$t_2 - t_1 = 121 - 21 = 100^\circ\text{C}$$

$$H = 2\,753 \text{ kJ/kg (83 barg)} - 454 \text{ kJ/kg (0,35 barg)} = 2\,299 \text{ kJ}$$

$$C = \frac{0,48 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \times 4\,098 \text{ kg} \times 100^\circ\text{C}}{2\,299 \text{ kJ/kg}} = 85,6 \text{ kg}$$

Pendant les 2 heures suivantes :

La seule grandeur qui change est la chaleur sensible (775 kJ/kg) de la vapeur saturée à la pression moyenne pendant le temps considéré.

$$C = \frac{0,48 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \times 4\,098 \text{ kg} \times 100^\circ\text{C}}{1\,978 \text{ kJ/kg}} = 99,4 \text{ kg}$$

| Période | Pression moyenne (barg) | Température en fin de période (°C) | Débit de condensation (kg/h) dans une conduite de 14" |
|------------------------|-------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| (1) 2 premières heures | 0,35 | 121 | 42,9 |
| (2) 2 heures suivantes | 9,7 | 221 | 49,7 |
| (3) 2 heures suivantes | 48 | 321 | 61,5 |
| (4) 2 heures suivantes | 83 | 721 | 58,3 |
| (5) 2 heures suivantes | 83 | 577 | 76,2 |

REMARQUE : Pour une pression moyenne de 83 barg, nous supposons que H est la chaleur latente de la vapeur à 83 barg majorée de la chaleur de surchauffe à la température atteinte à la fin de la période.

Pour assurer une évacuation efficace du condensat par des purgeurs installés dans un système à vapeur surchauffée, il convient également de dimensionner correctement les pots de purge et de suivre les recommandations relatives aux canalisations. Le tableau CG-26-2, à la page CG-26, présente les dimensions des pots de purge en fonction du diamètre de conduite.

On pose souvent la question de savoir s'il faut-il isoler le pot de purge, la conduite vers le purgeur et le purgeur ? La réponse est non : cette partie du système ne doit pas être calorifugée, sauf si des raisons de sécurité l'imposent. Une certaine condensation se forme ainsi en amont du purgeur et l'alimente en permanence, ce qui prolonge sa durée de vie.

Types de purgeurs pour vapeur surchauffée

Purgeur bimétallique

Les purgeurs de type bimétallique sont conçus pour ne s'ouvrir que lorsque le condensat s'est refroidi à une température inférieure à la saturation. À toute pression, ils restent fermés en présence de vapeur, quelle que soit la température de cette dernière. Lorsque la température augmente, la force de traction de l'élément bimétallique s'accroît, ce qui augmente également la force de fermeture du clapet. La vapeur surchauffée tend donc à rendre le clapet plus étanche. Le purgeur de type bimétallique est en outre apte à traiter de grands débits au démarrage. Ce purgeur est donc un bon choix pour la vapeur surchauffée.

Lors du fonctionnement à vapeur surchauffée, le condensat présent dans le purgeur doit refroidir à une température inférieure à la température de saturation pour que le clapet puisse s'ouvrir. Le condensat peut donc s'accumuler et endommager les conduites, les vannes et d'autres équipements si la capacité du pot de purge et la distance en amont du purgeur sont insuffisantes.

Purgeur à flotteur inversé

Un joint hydraulique empêche la vapeur d'atteindre le clapet, ce qui favorise la durée de vie du purgeur tout en évitant les pertes de vapeur. Situé en haut du purgeur, le clapet est imperméable aux impuretés et permet l'évacuation de l'air. Apté à traiter de grands débits de démarrage, le purgeur s'adapte néanmoins aux faibles débits en régime. Dans les systèmes à vapeur surchauffée, ce type de purgeur pose toutefois certains problèmes liés au maintien du joint hydraulique ou de la « réserve » de condensat. Pour maintenir une réserve de condensat dans un purgeur FIO, la canalisation doit être convenablement dimensionnée.

Pour le dimensionnement, reportez-vous à la figure CG-26-3, page CG-26. Les purgeurs pour vapeur surchauffée doivent être dimensionnés pour le débit de démarrage, sans coefficient de sécurité. Les matériaux du corps du purgeur doivent être sélectionnés en fonction des conditions maximales de pression et de température, y compris celles de la vapeur surchauffée.



Comment purger des lignes de traçage vapeur

Les lignes des traçage vapeur sont conçues pour maintenir le fluide d'une conduite primaire à une température uniforme. Étant donné que ces lignes de traçage sont généralement utilisées à l'extérieur, les conditions atmosphériques doivent être impérativement prises en compte.

Le but principal des purgeurs installés sur des lignes de traçage est de retenir la vapeur jusqu'à ce que sa chaleur latente soit totalement utilisée, puis de décharger le condensat et les gaz non condensables. Comme tout autre équipement de transfert de chaleur, chaque ligne de traçage doit être équipée d'un purgeur. Même si plusieurs lignes de traçage peuvent être installées sur une même conduite primaire, chaque ligne de traçage doit être purgée séparément de façon à éviter les courts-circuits. Voir page CG-22.

Lors de la sélection et du dimensionnement des purgeurs, il est important de tenir compte de leur compatibilité avec les objectifs du système, à savoir :

1. Conserver l'énergie par un fonctionnement fiable sur une longue période.
2. Assurer une évacuation rapide et périodique du condensat et de l'air de la ligne.
3. Pouvoir fonctionner dans des conditions de faible débit.
4. Résister au gel en cas de coupure de vapeur.

Étant donné le coût important de la vapeur, les pertes sur une ligne de traçage sont intolérables dans l'industrie.

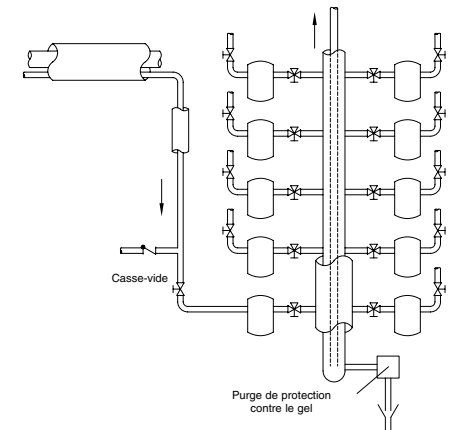
Sélection de purgeurs pour lignes de traçage vapeur.
Le débit de condensat d'une ligne de traçage vapeur peut être calculé à partir des pertes de chaleur de la conduite primaire à l'aide de la formule suivante :

$$Q_c = \frac{k \cdot 3,6 \cdot L}{r}$$

Où :

- Q_c = Débit de condensat en kg/h
- k = Pertes de chaleur de la conduite calorifugée en W/m (voir tableau CG-31-1, page CG-31)
- 3,6 = Facteur de conversion de W en kJ/h
- L = Longueur de conduite primaire en mètres
- r = Chaleur latente en kJ/kg (voir colonne 5 des tables vapeur, page CG-10)

Figure CG-30-1. Installation type de traçage vapeur



| Équipement à purger | 1er choix et lettres codes | Choix alternatif |
|---------------------|---------------------------------|----------------------|
| Lignes de traçage | * FIO A, B, C, L, J, N, I, K | Thermostatique ou CD |

Installation de traçage type

Figure CG-30-2

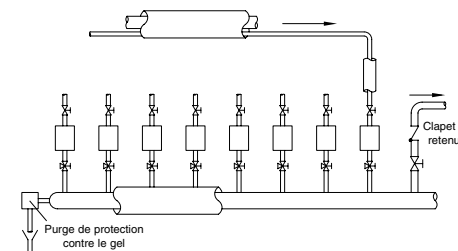
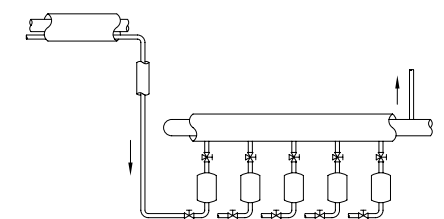


Figure CG-30-3



Comment purger des lignes de traçage vapeur



EXEMPLE : Trois lignes de traçage vapeur à 11 barg de pression sont utilisées sur une conduite de 100 mm de diamètre et 30 m de long ; cette conduite est calorifugée pour maintenir sa température à 100°C avec une température extérieure d'étude de -25°C. Dans de telles conditions, l'épaisseur d'isolant est de 100 mm (voir tableaux CG-31-2 et CG-31-3). Quel est le débit de condensat ?

La formule donne :

$$Q_c = \frac{45,7 \text{ W/m} \times 3,6 \text{ kJ/h/W} \times 30 \text{ m}}{1 \text{ 983 kJ/kg}} = 2,5 \text{ kg/h}$$

Le débit par ligne de traçage s'obtient en divisant par 3, soit 0,84 kg/h.

Dans la plupart des utilisations de lignes traçage, le débit vers le purgeur est étonnamment bas ; c'est pourquoi le purgeur de plus petite taille est en principe suffisant. Grâce à son aptitude à traiter de faibles débits, à résister au gel et à purger le système tout en conservant l'énergie par un fonctionnement fiable et durable, le purgeur FIO est recommandé pour les lignes de traçage vapeur.

Facteur de sécurité. Il convient d'utiliser un coefficient de sécurité de 2, que le purgeur soit exposé aux conditions atmosphériques ou non. Pour les lignes de traçage vapeur, le surdimensionnement du purgeur n'est pas conseillé.

Installation

Les lignes de distribution ou d'alimentation en vapeur s'installent au-dessus des conduites dont la température doit être maintenue. Pour une évacuation efficace du condensat et des gaz non condensables, les lignes de traçages doivent avoir une pente permettant l'écoulement par gravité ; les points bas doivent être purgés, ce qui permet également d'éviter le gel de la canalisation de traçage. (Voir figures CG-30-1, CG-30-2 et CG-30-3).

Pour que l'énergie du condensat puisse être conservée, celui-ci doit retourner à la chaudière. Installez des casse-vides immédiatement en amont des purgeurs afin d'assurer l'évacuation du condensat à l'arrêt des systèmes purgés par gravité. Lorsque des conditions de gel sont à craindre, il est conseillé de prévoir des purgeurs de protection contre le gel sur les collecteurs d'évacuation du condensat.

Tableau CG-31-1. Pertes de chaleur des conduites calorifugées en W/m

| Diamètre de conduite | Épaisseur d'isolant | Différence de température produit/ambiance en °C | | | | | |
|----------------------|---------------------|--------------------------------------------------|------|------|------|-------|-------|
| | | 25 | 50 | 75 | 100 | 125 | 150 |
| DN50 | 40 | 10,9 | 21,8 | 32,7 | 43,6 | 54,5 | 65,4 |
| | 60 | 8,5 | 16,9 | 25,4 | 33,8 | 42,3 | 50,7 |
| | 80 | 7,2 | 14,3 | 21,5 | 28,7 | 35,8 | 43,0 |
| DN80 | 60 | 10,8 | 21,6 | 32,3 | 43,1 | 53,9 | 64,7 |
| | 80 | 9,0 | 18,0 | 26,9 | 35,9 | 44,9 | 53,9 |
| | 100 | 7,9 | 15,7 | 23,6 | 31,5 | 39,3 | 47,2 |
| DN100 | 60 | 12,8 | 25,6 | 38,3 | 51,1 | 63,9 | 76,7 |
| | 80 | 10,5 | 21,1 | 31,6 | 42,1 | 52,6 | 63,2 |
| | 100 | 9,1 | 18,3 | 27,4 | 36,5 | 45,7 | 54,8 |
| | 120 | 8,2 | 16,4 | 24,6 | 32,7 | 40,9 | 49,1 |
| DN150 | 60 | 16,9 | 33,8 | 50,6 | 67,5 | 84,4 | 101,3 |
| | 80 | 13,7 | 27,4 | 41,1 | 54,8 | 68,5 | 82,2 |
| | 100 | 11,7 | 23,5 | 35,2 | 46,9 | 58,7 | 70,4 |
| | 120 | 10,4 | 20,8 | 31,2 | 41,6 | 52,0 | 62,4 |
| DN200 | 80 | 16,6 | 33,2 | 49,8 | 66,3 | 82,9 | 99,5 |
| | 100 | 14,1 | 28,2 | 42,3 | 56,4 | 70,5 | 84,6 |
| | 120 | 12,4 | 24,8 | 37,2 | 49,6 | 62,0 | 74,4 |
| | 140 | 11,2 | 22,4 | 33,5 | 44,7 | 55,9 | 67,1 |
| DN250 | 80 | 19,6 | 39,2 | 58,7 | 78,3 | 97,9 | 117,5 |
| | 100 | 16,5 | 33,1 | 49,6 | 66,2 | 82,7 | 99,3 |
| | 140 | 13,0 | 26,0 | 39,0 | 51,9 | 64,9 | 77,9 |
| | 160 | 12,4 | 24,7 | 37,1 | 49,5 | 61,9 | 74,3 |
| DN300 | 80 | 22,4 | 44,7 | 67,1 | 89,5 | 111,8 | 134,2 |
| | 100 | 18,8 | 37,6 | 56,5 | 75,3 | 94,1 | 112,9 |
| | 120 | 16,4 | 32,8 | 49,2 | 65,6 | 82,0 | 98,4 |
| | 140 | 14,7 | 29,3 | 44,0 | 58,6 | 73,3 | 87,9 |
| | 160 | 13,3 | 26,7 | 40,0 | 53,3 | 66,6 | 80,0 |
| DN350 | 80 | 24,1 | 48,1 | 72,2 | 96,3 | 120,4 | 144,4 |
| | 100 | 20,2 | 40,4 | 60,6 | 80,9 | 101,1 | 121,3 |
| | 120 | 17,6 | 35,2 | 52,8 | 70,4 | 88,0 | 105,5 |
| | 140 | 15,7 | 31,4 | 47,1 | 62,8 | 78,4 | 94,1 |
| | 160 | 14,2 | 28,5 | 42,7 | 57,0 | 71,2 | 85,4 |
| DN400 | 100 | 22,4 | 44,9 | 67,3 | 89,7 | 112,1 | 134,6 |
| | 120 | 19,5 | 38,9 | 58,4 | 77,9 | 97,3 | 116,8 |
| | 140 | 17,3 | 34,6 | 52,0 | 69,3 | 86,6 | 103,9 |
| | 160 | 15,7 | 31,4 | 47,1 | 62,8 | 78,4 | 94,1 |

Tableau CG-31-2. Épaisseur d'isolant recommandée en mm pour conduites à 3,5 barg

| Diam. de conduite produit | Température du produit en °C | | | | | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 |
| DN25 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| DN40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 60 | 60 |
| DN50 | 40 | 40 | 40 | 40 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| DN80 | 40 | 40 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 80 |
| DN100 | 40 | 60 | 60 | 60 | 60 | 80 | 80 | 80 |
| DN150 | 40 | 60 | 60 | 80 | 80 | 80 | 100 | 100 |
| DN200 | 60 | 60 | 80 | 80 | 80 | 100 | 100 | 120 |
| DN250 | 60 | 80 | 80 | 80 | 100 | 100 | 120 | 120 |
| DN300 | 80 | 80 | 80 | 100 | 100 | 120 | 120 | 120 |
| DN350 | 80 | 80 | 80 | 100 | 120 | 120 | 120 | 140 |
| DN400 | 80 | 80 | 100 | 120 | 120 | 120 | 140 | 140 |
| DN500 | 80 | 80 | 100 | 120 | 120 | 140 | 140 | 160 |
| DN600 | 80 | 100 | 120 | 120 | 140 | 140 | 160 | 160 |

Tableau CG-31-3. Épaisseur d'isolant recommandée en mm pour conduites à 10 barg

| Diam. de conduite produit | Température du produit en °C | | | | | | | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 |
| DN25 | 40 | 40 | 40 | 40 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| DN40 | 40 | 40 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 80 | 80 | 80 |
| DN50 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 80 | 80 | 80 | 80 |
| DN80 | 60 | 60 | 60 | 80 | 80 | 80 | 80 | 100 | 100 | 100 |
| DN100 | 60 | 80 | 80 | 80 | 80 | 100 | 100 | 100 | 120 | 120 |
| DN150 | 80 | 80 | 100 | 100 | 100 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 |
| DN200 | 80 | 100 | 100 | 120 | 120 | 120 | 140 | 140 | 140 | 140 |
| DN250 | 100 | 100 | 120 | 120 | 120 | 140 | 140 | 140 | 140 | 140 |
| DN300 | 100 | 120 | 120 | 120 | 140 | 140 | 140 | 140 | 160 | 160 |
| DN350 | 120 | 120 | 120 | 140 | 140 | 140 | 160 | 160 | 160 | 160 |
| DN400 | 120 | 120 | 140 | 140 | 160 | 160 | 160 | 160 | 160 | 160 |
| DN500 | 120 | 140 | 140 | 160 | 160 | 160 | 160 | 180 | 180 | 180 |
| DN600 | 140 | 140 | 160 | 160 | 160 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 |



Comment purger les équipements de chauffage des locaux

L'équipement de chauffage des locaux tels que les unités à air pulsé, les unités de traitement de l'air, les radiateurs à ailettes et les batteries de serpents sont utilisés dans pratiquement toutes les industries. Cet équipement de base ne demande pratiquement pas d'entretien. De ce fait, ces purgeurs sont souvent négligés pendant de longues périodes. L'un des problèmes résultant de cette négligence est la stagnation de condensat dans les serpentins de chauffage, ce qui peut entraîner des dégâts dus au gel, à la corrosion et aux coups de bélier.

Sélection des purgeurs et coefficients de sécurité

Le type et la taille des purgeurs dépendent de différentes conditions d'utilisation, telle qu'une pression de vapeur constante ou variable. Deux méthodes sont utilisées pour le dimensionnement des purgeurs de serpents.

- 1. Pression de vapeur constante.**
PURGEURS FIO et PURGEURS FF – Appliquez un coefficient de sécurité de 3 aux pressions différentielles de fonctionnement.
- 2. Pression de vapeur modulée.**
PURGEURS FF et FIO AVEC FLOTTEURS THERMIQUES
 - Vapeur à 0 – 1 barg – coefficient de sécurité de 2 à 0,1 barg de pression différentielle
 - Vapeur à 1 – 2 barg – coefficient de sécurité de 2 à 0,2 barg de pression différentielle
 - Au-delà de 2 barg – coefficient de sécurité de 3 à 1/2 de la pression différentielle maximale du purgeur.

Purgeurs FLO sans flotteur thermique Uniquement pour pressions de vapeur supérieures à 2 barg – coefficient de sécurité de 3 à 1/2 de la pression différentielle maximale du purgeur.

Sélection de purgeurs pour unités à air pulsé et unités de traitement de l'air

La quantité de condensat à traiter peut être calculée suivant trois méthodes. La méthode à utiliser dépend des conditions de fonctionnement connues.

- 1. Méthode des kJ.** La puissance nominale des unités à air pulsé ou autres serpentins est donnée en kJ/h pour une pression de vapeur de 0,15 barg dans l'échangeur et une température d'entrée d'air de 15°C. Pour convertir la puissance nominale en puissance réelle, servez-vous des facteurs de conversion du tableau CG-34-1 (page CG-34). Une fois les conditions de fonctionnement connues, multipliez le débit de condensat par le coefficient de sécurité approprié.

Tableau CG-32-1. Tableau de recommandations
(Pour la définition des lettres codes, voir page CG-9.)

| Équipement à purger | 1er choix et lettres codes | Pression constante | | 1er choix et lettres codes | Pression variable | |
|------------------------------------------------|----------------------------|--------------------|---------------------|----------------------------|-------------------|---------------------|
| | | 0 – 2 barg | Supérieure à 2 barg | | 0 – 2 barg | Supérieure à 2 barg |
| | | FIO LV | FIO LV | | B, C, G, H, L | FF |
| Unités à air pulsé | B, C, E, K, N | FIO LV | FIO LV | B, C, G, H, L | FF | *FF |
| | Choix alternatif | FF | *FF | Choix alternatif | FIO LV | FIO LV |
| Unités de traitement de l'air | B, C, E, K, N, O | FIO LV | FIO LV | B, C, G, H, L | FF | *FF |
| | Choix alternatif | FF | *FF | Choix alternatif | FIO LV | FIO LV |
| Radiateurs à ailettes et batteries de serpents | B, C, E, K, N | FIO LV | FIO LV | B, C, G, H, L | FF | FF |
| | Choix alternatif | Thermostatique | Thermostatique | Choix alternatif | FIO LV | FIO LV |

* Utiliser un équipement FIO LV au-dessus des limitations FF en pression/température.

REMARQUE :

1. Prévoir un casse-vides aux endroits où le vide peut se produire.
2. Ne pas utiliser de purgeur FF avec de la vapeur surchauffée.

- 2. Méthode des m³/min et de l'augmentation de la température de l'air.** Si vous connaissez seulement le débit en m³/min du ventilateur et l'augmentation de température, calculez la puissance réelle en kJ/h à l'aide de la formule simple suivante :

$$\text{kJ/h} = \text{m}^3/\text{min} \times 75 \times \text{augmentation de température en } ^\circ\text{C}$$

EXEMPLE : Détermination de la taille du purgeur pour un échangeur à air pulsé de 100 m³/min produisant une élévation de température de 30°C. La pression de vapeur est constante et vaut 5 barg.

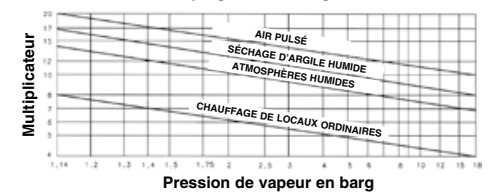
La formule donne :

100 x 75 x 30 = 225 000 kJ/h.
Divisons à présent les 225 000 kJ/h par 2 084 KJ/kg (d'après les tables vapeur) pour obtenir 108 kg/h de condensat, puis multiplions le résultat par le coefficient de sécurité recommandé 3. L'application nécessite un purgeur de 324 kg/h de débit.

Dans l'expression ci-dessus, le facteur 75 s'obtient comme suit :
1 m³/min x 60 = 60 m³/h
60 m³/h x 1,25 kg/m³ (masse spécifique de l'air à 5°C) = 75 kg/h d'air
75 kg/h x 1 kJ/kg/°C (chaleur spécifique de l'air) = 75 kJ/h/°C.

- 3. Méthode du condensat.** Une fois la puissance calculée en kJ/h :
 - a. Divisez cette puissance par la chaleur latente de la vapeur à la pression de vapeur utilisée. Voir colonne 2 du tableau CG-34-1 ou les tables vapeur (page CG-10). Le résultat donne la masse réelle de vapeur condensée par heure. Une bonne approximation est donnée par une méthode empirique dans laquelle la puissance en kJ/h est divisée par 2 100.
 - b. Multipliez la masse réelle de vapeur condensée par heure par le coefficient de sécurité pour obtenir le débit de condensat que le purgeur doit évacuer.

Diagramme CG-32-1. Multiplicateurs pour le dimensionnement des purgeurs d'échangeurs multitubulaires



Sélection des purgeurs pour les batteries de serpentin et les radiateurs à ailettes

Batteries de serpentin. Dans la mesure du possible, chaque serpentin doit être purgé séparément pour éviter les courts-circuits.

Serpentin monotubulaire. Pour dimensionner un purgeur de serpentin monotubulaire ou multitubulaire purgé séparément, déterminez le débit de condensation par mètre de tuyau à l'aide du tableau CG-34-2 (page CG-34). Multipliez le débit de condensation par mètre par la longueur en mètre pour obtenir le débit de condensat.

Dans le cas d'un chauffage rapide, appliquez un coefficient de sécurité de 3 et utilisez le purgeur FIO avec évent thermique. Lorsqu'un chauffage rapide n'est pas nécessaire, appliquez un coefficient de sécurité de 2 et sélectionnez un purgeur FIO standard.

Serpentins multitubulaires.

Pour dimensionner le purgeur dans le cas d'un serpentin constitué de plusieurs tubes, procédez comme suit :

- Multipliez la longueur en mètre du serpentin par le débit de condensation donné dans le tableau CG-34-2. Vous obtenez le débit de condensation normal en kg/h.
- À l'aide du diagramme CG-32-1 (page CG-32), déterminez le multiplicateur correspondant à vos conditions de fonctionnement.
- En multipliant le débit de condensat normal par ce multiplicateur, vous obtenez le débit d'évacuation continu requis pour le purgeur. **Notez que le coefficient de sécurité est inclus dans le multiplicateur.**

Figure CG-33-1. Purge et évacuation de l'air des serpentins de chauffage

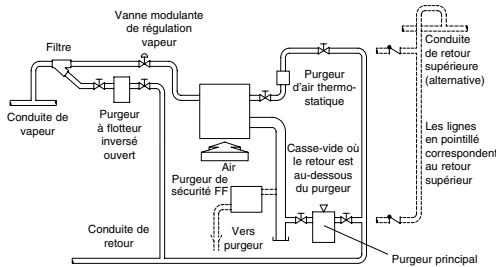
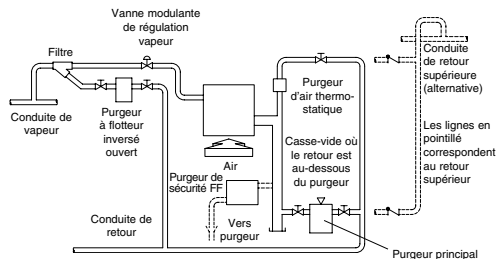


Figure CG-33-2. Purge et évacuation de l'air des serpentins de chauffage



Radiateurs à ailettes. Lorsque la puissance en kJ/h n'est pas connue, les débits de condensation peuvent être calculés à partir des tableaux CG-34-3 et CG-34-4 (page CG-34) avec une précision suffisante pour la sélection des purgeurs. Pour entrer les données dans le tableau CG-34-3, vous devez relever le diamètre du tube, la taille et le nombre d'ailettes, ainsi que les matériaux utilisés. À l'aide du tableau CG-34-3, déterminez le débit de condensation dans les conditions standard. À l'aide du tableau CG-34-4, effectuez la conversion aux conditions réelles.

Les recommandations relatives aux coefficients de sécurité ont pour but de :

- Pallier les risques de court-circuit dus aux tubes multiples du radiateur.
- Assurer un débit d'évacuation suffisant dans des conditions de fonctionnement extrêmes. Dans des conditions atmosphériques particulièrement froides, la température de l'air à l'entrée est vraisemblablement inférieure à la température calculée et la demande accrue de vapeur dans toutes les parties de l'installation peut entraîner des pressions de vapeur plus faibles et des pressions dans les conduites de retour plus élevées, ce qui réduit la capacité d'évacuation.
- Assurez l'élimination de l'air et des gaz non condensables

AVERTISSEMENT : Pour le chauffage à basse pression, appliquez un coefficient de sécurité à la pression différentielle réelle (qui n'est pas nécessairement la pression de la vapeur d'alimentation) ; n'oubliez pas que le purgeur doit également pouvoir fonctionner à la pression différentielle maximale possible.

Installation

En règle générale, on suivra les recommandations du constructeur de l'équipement de chauffage. Les figures CG-33-1, CG-33-2, CG-33-3 et CG-33-4 donnent les indications habituelles des constructeurs.

REMARQUE : Pour une explication sur le purgeur de sécurité, reportez-vous à la figure CG-56-1 (page CG-56).

Figure CG-33-3. Méthode généralement approuvée pour la canalisation et la purge des appareils à haute pression et évacuation horizontale. Les pots de purge des figures CG-33-3 et CG-33-4 doivent être de 250 à 300 mm.

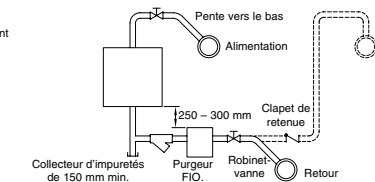


Figure CG-33-4. Méthode généralement approuvée pour la canalisation et la purge des appareils à basse pression (inférieure à 1 barg) et évacuation verticale.

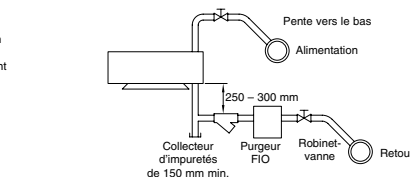


Tableau CG-34-1. Table de constantes pour la détermination de la puissance (kJ/h) d'un radiateur à air pulsé dans des conditions de pression autres que standard (standard = 1,15 barg) et à 15°C de température d'air à l'entrée. Pour une application, multipliez la puissance nominale standard par la constante indiquée. Reproduction du guide ASHRAE avec autorisation particulière.

| Pression de vapeur en barg | Chaleur latente de la vapeur en kJ/kg | Température de l'air entrant °C | | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| | | -24 | -12 | 0 | +10 | +15 | +20 | +32 |
| 0,15 | 2 248 | - | - | - | 1,07 | 1,00 | 0,92 | 0,78 |
| 0,35 | 2 238 | 1,64 | 1,45 | 1,28 | 1,12 | 1,05 | 0,97 | 0,82 |
| 0,7 | 2 214 | 1,73 | 1,54 | 1,37 | 1,21 | 1,31 | 1,05 | 0,90 |
| 1,0 | 2 201 | 1,79 | 1,61 | 1,44 | 1,27 | 1,19 | 1,11 | 0,97 |
| 1,5 | 2 181 | 1,86 | 1,67 | 1,49 | 1,33 | 1,25 | 1,17 | 1,02 |
| 2,0 | 2 163 | 1,96 | 1,77 | 1,59 | 1,42 | 1,33 | 1,26 | 1,11 |
| 3,5 | 2 119 | 2,13 | 1,93 | 1,75 | 1,58 | 1,49 | 1,41 | 1,26 |
| 5,0 | 2 084 | 2,25 | 2,05 | 1,87 | 1,69 | 1,61 | 1,52 | 1,36 |
| 5,5 | 2 075 | 2,31 | 2,11 | 1,92 | 1,74 | 1,66 | 1,57 | 1,41 |
| 7,0 | 2 046 | 2,40 | 2,20 | 2,01 | 1,83 | 1,74 | 1,66 | 1,50 |

Tableau CG-34-2. Débits de condensation dans des tubes nus véhiculant de la vapeur saturée

| Diamètre (mm) | m² par mètre de tube | Pression de vapeur (barg), élévation de température depuis 21°C | | | | | |
|---------------|----------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------|------------------|------------------|
| | | 1 barg 120°C | 2 barg 133°C | 4 barg 152°C | 8,5 barg 177°C | 12 barg 192°C | 17 barg 207°C |
| | | Débit de condensat en kg/h par mètre de tube | | | | | |
| 15 | 0,07 | 0,19 | 0,22 | 0,28 | 0,39 | 0,45 | 0,52 |
| 20 | 0,09 | 0,22 | 0,28 | 0,36 | 0,49 | 0,57 | 0,67 |
| 25 | 0,11 | 0,28 | 0,34 | 0,42 | 0,58 | 0,68 | 0,80 |
| 32 | 0,13 | 0,34 | 0,42 | 0,54 | 0,73 | 0,85 | 1,00 |
| 40 | 0,15 | 0,39 | 0,48 | 0,61 | 0,82 | 0,97 | 1,13 |
| 50 | 0,19 | 0,49 | 0,60 | 0,74 | 1,01 | 1,19 | 1,38 |
| 65 | 0,24 | 0,58 | 0,70 | 0,88 | 1,21 | 1,41 | 1,65 |
| 80 | 0,28 | 0,68 | 0,83 | 1,04 | 1,43 | 1,68 | 1,95 |
| 100 | 0,36 | 0,86 | 1,04 | 1,33 | 1,80 | 2,13 | 2,56 |

Tableau CG-34-3. Débits de condensation dans des radiateurs à ailettes, air à 18°C et vapeur à 102°C (pour la sélection de purgeurs seulement)

| | Diam. de tube (mm) | Diam. d'ailette (mm) | Ailettes par pouce | Nombre de tubes entraxe 150 mm | Débit de condensat en kg/h par mètre de tube |
|-------------------------------------------------|--------------------|----------------------|--------------------|--------------------------------|----------------------------------------------|
| Tube en acier ailettes en acier peint en noir | 32 | 82,6 | 3 à 4 | 1 | 1,64 |
| | | | | 2 | 2,98 |
| | | | | 3 | 3,87 |
| | 32 | 108 | 3 à 4 | 1 | 2,38 |
| | | | | 2 | 3,57 |
| | | | | 3 | 4,62 |
| 50 | 108 | 2 à 3 | 1 | 2,23 | |
| | | | 2 | 3,25 | |
| | | | 3 | 4,62 | |
| Tube en cuivre, ailettes en aluminium non peint | 32 | 82,6 | 4 | 1 | 2,38 |
| | | | | 2 | 3,28 |
| | | | | 3 | 4,17 |
| | 32 | 108 | 5 | 1 | 3,28 |
| | | | | 2 | 4,47 |
| | | | | 3 | 5,36 |

Tableau CG-34-4. Facteurs de conversion pour radiateurs à ailettes à des températures autres que 18°C pour l'air et 102°C pour la vapeur

| Pression de vapeur (barg) | Temp. vapeur (°C) | Température de l'air entrant °C | | | | | | |
|---------------------------|-------------------|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| | | 7 | 13 | 18 | 21 | 24 | 27 | 32 |
| 0,05 | 101,7 | 1,22 | 1,11 | 1,00 | 0,95 | 0,90 | 0,84 | 0,75 |
| 0,35 | 108,4 | 1,34 | 1,22 | 1,11 | 1,05 | 1,00 | 0,95 | 0,81 |
| 0,70 | 115,2 | 1,45 | 1,33 | 1,22 | 1,17 | 1,11 | 1,05 | 0,91 |
| 1,00 | 120,2 | 1,55 | 1,43 | 1,31 | 1,26 | 1,20 | 1,14 | 1,00 |
| 2,00 | 133,5 | 1,78 | 1,66 | 1,54 | 1,48 | 1,42 | 1,37 | 1,21 |
| 4,00 | 151,8 | 2,10 | 2,00 | 1,87 | 1,81 | 1,75 | 1,69 | 1,51 |
| 7,00 | 170,4 | 2,43 | 2,31 | 2,18 | 2,11 | 2,05 | 2,00 | 1,81 |
| 8,50 | 177,7 | 2,59 | 2,47 | 2,33 | 2,27 | 2,21 | 2,16 | 1,96 |
| 12,00 | 191,6 | 2,86 | 2,74 | 2,60 | 2,54 | 2,47 | 2,41 | 2,21 |

Comment purger les réchauffeurs d'air de process



Les réchauffeurs d'air de process sont utilisés pour le séchage du papier, du bois, pour la déshydratation du lait, de l'amidon et autres produits, ainsi que pour le préchauffage de l'air de combustion des chaudières.

Parmi les exemples d'application de ce type d'équipement, on peut citer les déshydrateurs industriels, les séchoirs à tunnel et les préchauffeurs d'air de combustion. Contrairement aux appareils de chauffage à air pulsé, les réchauffeurs d'air de process fonctionnent à de très hautes températures, qui atteignent souvent 260°C. Ces applications à très haute température nécessitent de la vapeur (parfois surchauffée) à haute pression.

Sélection des purgeurs et coefficients de sécurité

Les débits de condensat des réchauffeurs d'air de process se calculent à l'aide de la formule suivante :

$$Q_c = \frac{V \times c \times r \times 60 \text{ min/h} \times \Delta t}{r}$$

Où :

- Q_c = Débit de condensat en kg/h
- V = Débit d'air en mètres cube par minute
- c = Chaleur spécifique de l'air en kJ/kg°C (d'après le tableau CG-62-2, page CG-62)
- r = Densité de l'air = 1,2 kg/m³ à 15°C (température d'entrée)
- Δt = Élévation de température en °C
- r = Chaleur latente de la vapeur en kJ/kg (voir colonne 5 des tables de vapeur, page CG-10)

EXEMPLE : Quel est le débit de condensat d'un séchoir à tunnel traitant 60 m³/min d'air pour une élévation de température de 35°C ? La pression de vapeur est de 5 barg. La formule donne :

$$Q_c = \frac{60 \times 1 \times 1,2 \times 60 \times 35}{2084}$$

$$Q_c = 72,5 \text{ kg/h}$$

En multipliant par le coefficient de sécurité 2 (recommandé pour tous les réchauffeurs d'air de process à pression constante), nous obtenons le débit de 145 kg/h que le purgeur doit pouvoir évacuer. Ce calcul se base sur un réchauffeur à un seul tube. Pour des élévations de température plus élevées, plusieurs serpentins en série peuvent être nécessaires.

Coefficients de sécurité

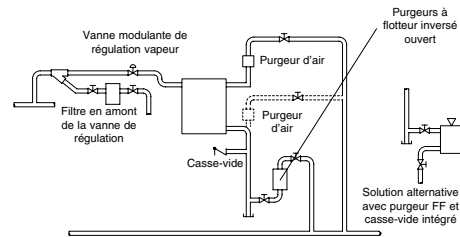
Pour une pression de vapeur constante, appliquez un coefficient de sécurité de 2 à la pression différentielle de fonctionnement. Pour une pression de vapeur modulée, appliquez un coefficient de sécurité de 3 à 1/2 de la pression différentielle maximale du purgeur.

Installation

Étant donné les grandes variations de température, il convient de permettre la dilatation de toute la canalisation de l'équipement de chauffage, y compris les connexions des purgeurs. Placez les purgeurs à une distance de 250 à 300 mm sous les serpentins, avec un collecteur d'impuretés d'au moins 150 mm. Qu'il s'agisse de vapeur à pression constante ou modulée, installez également un casse-vide entre le serpentin et le purgeur. Installez un purgeur d'air sur chaque serpentin afin d'évacuer l'air et les gaz non condensables, qui risqueraient de corroder rapidement les tubes. Voir figure CG-35-1.

Envisagez l'installation d'un purgeur de sécurité en cas de contre-pression ou si le condensat est élevé au-dessus du purgeur. Pour le schéma de canalisation et les explications, voir page CG-56.

Figure CG-35-1. Réchauffeur d'air de process



| Équipement à purger | 1er choix et lettres codes | Pression constante | | 1er choix et lettres codes | Pression variable | |
|-------------------------------|----------------------------|--------------------|---------------------|----------------------------|-------------------|---------------------|
| | | 0 - 2 barg | Supérieure à 2 barg | | 0 - 2 barg | Supérieure à 2 barg |
| | | FIO | FIO | | FF | FIO LV |
| Réchauffeurs d'air de process | A, B, F, I, K, M | FIO | FIO | B, C, G, H, L | FF | *FF |
| | Choix alternatif | FF | FIO LV | Choix alternatif | FIO LV | FIO LV |

* Utiliser l'équipement FIO LV au-dessus des limitations FF en pression/température.

REMARQUE :

1. Prévoyez un casse-vide aux endroits où une pression sub-atmosphérique peut se produire.
2. N'utilisez pas de purgeur FF avec de la vapeur surchauffée.

Comment purger les échangeurs de chaleur tubulaires et les serpentins à immersion



Les serpentins à immersion sont des éléments de transfert de chaleur qui sont immergés dans un liquide à réchauffer, à évaporer ou à concentrer. Ce type d'équipement se rencontre dans pratiquement toutes les installations à vapeur. Quelques exemples : les chauffe-eau, les bouilleurs, les réchauffeurs d'aspiration et les évaporateurs. Ces appareils sont utilisés pour le chauffage de l'eau industrielle ou domestique, la vaporisation de gaz industriels tels que le propane ou l'oxygène, la concentration de la mélasse ou de la lessive noire et le réchauffage du combustible pour faciliter son écoulement et sa pulvérisation.

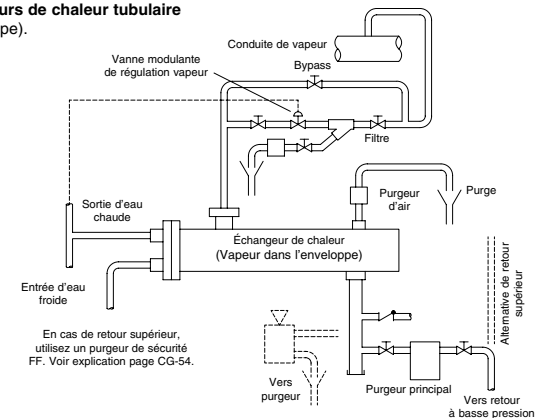
Le type de purgeur à utiliser est déterminé par différentes exigences de l'application, telle qu'une pression constante ou variable. Les critères de sélection du purgeur comprennent l'aptitude à traiter l'air à de faibles pressions différentielles, la conservation de l'énergie et l'élimination des impuretés et des bouchons de condensat. Trois méthodes standard de dimensionnement permettent de définir le type et la taille des purgeurs de serpentins.

Coefficient de sécurité

1. **Pression de vapeur constante.** Purgeurs FIO ou FF – appliquez un coefficient de sécurité de 2 à la pression différentielle de fonctionnement.
2. **Pression de vapeur modulée.** PURGEUR FF OU FIO
 1. Vapeur à 0 – 1 barg – coefficient de sécurité de 2 à 0,1 bar de pression différentielle.
 2. Vapeur à 1 – 2 barg – coefficient de sécurité de 2 à 0,2 bar de pression différentielle.
 3. Au-delà de 2 barg – coefficient de sécurité de 3 à 1/2 de la pression différentielle maximale du purgeur.
3. **Vapeur à pression constante ou modulée avec évacuation du condensat par siphon.** Utilisez un contrôleur différentiel de condensat avec coefficient de sécurité de 3. Un choix alternatif consiste en un équipement FIO LV avec un coefficient de sécurité de 5.

Appliquez le coefficient de sécurité à la pleine pression différentielle dans le cas d'une pression de vapeur constante. Appliquez le coefficient de sécurité à la 1/2 de la pression différentielle maximale dans le cas d'une pression de vapeur modulée.

Figure CG-36-1. Échangeurs de chaleur tubulaire (Schéma de canalisation type).



Échangeurs de chaleur tubulaires

L'échangeur de chaleur tubulaire est un des types d'échangeurs à immersion (fig. CG-36-1). Ces échangeurs sont constitués d'un faisceau de tubes installés dans une cuve ou enveloppe contenant un espace libre. Cette disposition permet le contact des tubes avec un fluide circulant dans l'enveloppe. Bien que le terme « à immersion » implique que la vapeur circule dans les tubes et que ces tubes sont immergés dans le fluide chauffé, l'inverse existe également : l'enveloppe contient la vapeur et le liquide chauffé circule dans les tubes.

Sélection des purgeurs pour échangeurs de chaleur tubulaires

Pour calculer le débit de condensat d'un échangeur tubulaire dont vous connaissez la puissance réelle*, servez-vous de la formule ci-dessous. (Si vous connaissez seulement les dimensions du faisceau tubulaire, utilisez la formule donnée pour les échangeurs à circuit embouti et n'oubliez pas de sélectionner le coefficient « k » applicable) :

$$Q_c = \frac{m \times \Delta t \times c \times 60 \times m.s.}{r}$$

Où :

- Q_c = Débit de condensat en kg/h
- m = Débit de liquide en l/min
- Δt = Élévation de température en °C
- c = Chaleur spécifique du liquide en kJ/kg°C (d'après le tableau CG-62-1, page CG-62)
- 60 = 60 min/h
- m.s. = Masse spécifique du liquide (Tableau CG-62-1, page CG-62)
- r = Chaleur latente de la vapeur en kJ/kg (voir les tables vapeur, colonne 5, page CG-10)

EXEMPLE : Soit un débit d'eau de 30 l/min avec une température d'entrée 20°C et une température de sortie de 120°C. La pression de vapeur est de 1 barg. Calculez le débit de condensat.

La formule donne :

$$Q_c = \frac{30 \text{ l/min} \times 100^\circ\text{C} \times 4,18 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \times 60 \times 1}{2257 \text{ kJ/kg}} = 333 \text{ kg/h}$$

* Dimensionnez les purgeurs pour bouilleurs et évaporateurs (processus générant de la vapeur) à l'aide de la formule pour ÉCHANGEURS À CIRCUIT EMBOUTI, page CG-37.

Comment purger les échangeurs de chaleur tubulaires et les serpentins à immersion



Règle empirique pour le calcul du débit de condensation dans les chauffe-eau : élever la température de 500 litres d'eau de 1°C produit la condensation de 1 kilogramme de vapeur.

Échangeurs à circuit embouti

La plupart du temps, les réservoirs ouverts contenant de l'eau ou des produits chimiques sont réchauffés par des échangeurs à circuit embouti (fig. CG-37-1). Le refoulement du métal de deux tôles, montées ensuite face à face puis soudées, crée un espace pour le passage de la vapeur. Le circuit ainsi formé comprend l'entrée de la vapeur, les canaux d'échange de chaleur et l'évacuation du condensat.

Sélection de purgeurs pour les échangeurs à circuit embouti

Lorsque deux flux séparés de liquides à des températures différentes échangent de la chaleur (la température de l'un diminuant et la température du second augmentant), la différence de température entre les deux liquides suit une loi logarithmique comme entre de la vapeur et un liquide (ou l'entrée et la sortie d'un échangeur de chaleur) en t_m .

$$\Delta t_m = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \left(\frac{\Delta t_1}{\Delta t_2} \right)}$$

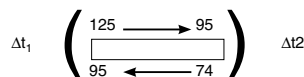
Δt_1 = La plus grande différence de température

Δt_2 = La plus petite différence de température

La différence de température L_n est donnée avec une précision légèrement inférieure par le diagramme CG-41-1 (page CG-41).

EXEMPLE :

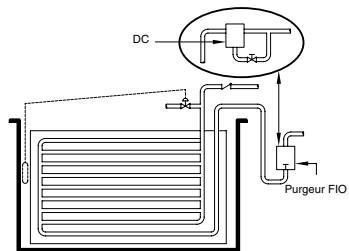
Quelle est la différence de température moyenne logarithmique d'un liquide chauffé de 74°C à 95°C et d'un autre liquide dont la température s'abaisse de 125°C à 95°C ?



$$\Delta t_m = 125 - 95 = 30^\circ\text{C}$$

| Type d'utilisation | Circulation | |
|------------------------------|----------------|----------------|
| | Naturelle | Forcée |
| Vapeur/eau | 1 030 - 4 080 | 3 055 - 24 285 |
| Échangeurs à tubes de 1 1/2" | 3 665 | 9 210 |
| Échangeurs à tubes de 3/4" | 4 080 | 10 260 |
| Vapeur/huile | 210 - 630 | 1 025 - 3 055 |
| Vapeur/liquide bouillant | 6 070 - 16 330 | - |
| Vapeur/huile bouillante | 1 025 - 3 055 | - |

Figure CG-37-1. Échangeur à circuit embouti à régulation thermostatique, purgé par siphon



$$\Delta t_2 = 95 - 74 = 21^\circ\text{C}$$

La différence de température moyenne logarithmique est :

$$\Delta t_m = \frac{30 - 21}{\ln \left(\frac{30}{21} \right)} = 25^\circ\text{C}$$

Pour calculer l'échange total de chaleur, utilisez la formule suivante :

$$H = A \times k \times \Delta t_m$$

Où :

H = Transfert de chaleur en kJ/h

A = Aire d'échange en m²

k = Coefficient de transfert de chaleur en kJ/h.m².°C (Tableau CG-37-2)

Δt_m = Différence de température moyenne logarithmique

EXEMPLE :

Aire d'échange de chaleur = 8 m²

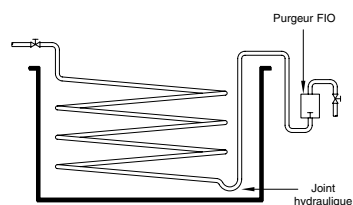
Transfert de chaleur = 3 770 kJ/h.m².°C

Différence de température moyenne logarithmique = 25°C

La pression de vapeur est de 1,5 barg à 125°C, ce qui donne une chaleur latente de 2 181 kJ/kg. 754 000 divisé par 2 181 = 345,7 kg/h. Pour déterminer le purgeur approprié à ce cas particulier, multipliez le débit de condensat par le coefficient de sécurité adéquat.

| Type d'utilisation | Circulation | |
|-------------------------|---------------|---------------|
| | Naturelle | Forcée |
| Vapeur/liquides aqueux | 2 095 - 4 080 | 3 055 - 5 650 |
| Vapeur/mazout léger | 840 - 920 | 1 255 - 2 260 |
| Vapeur/mazout moyen | 420 - 840 | 1 025 - 2 050 |
| Vapeur/mazout lourd C | 335 - 630 | 840 - 1 675 |
| Vapeur/bitume | 335 - 500 | 377 - 1 255 |
| Vapeur/soufre fondu | 500 - 710 | 710 - 920 |
| Vapeur/paraffine fondue | 500 - 710 | 840 - 1 045 |
| Vapeur/mélasse ou sirop | 420 - 840 | 1 445 - 1 840 |
| Downtherm/bitume | 335 - 630 | 1 025 - 1 255 |

Figure CG-37-2. Serpentin continu purgé par siphon



Comment purger les échangeurs de chaleur tubulaires et les serpentins à immersion

Batteries de serpentins

Les batteries de serpentins sont des tubes de transfert de chaleur immergés dans un grand volume par rapport à celui des tubes eux-mêmes (fig. CG-37-2, page CG-37). C'est dans cette caractéristique que réside leur différence essentielle par rapport aux échangeurs tubulaires. De la même façon que les échangeurs à circuit embouti, ils peuvent être purgés par gravité ou par siphon, en fonction des conditions de montage sur site. Contrairement aux échangeurs à circuit embouti, la plupart des batteries de serpentins sont installées dans des cuves fermées.

Sélection de purgeurs pour les batteries de serpentins

Le débit de condensat des batteries de serpentins se calcule à l'aide d'une formule choisie en fonction des données connues. Si la puissance est connue, appliquez la formule établie pour les échangeurs tubulaires. Lorsque les dimensions physiques des serpentins sont connues, utilisez la formule des échangeurs à circuit embouti.

Installation

Dans le cas de l'évacuation par gravité du condensat des échangeurs tubulaires, des échangeurs à circuit embouti ou des batteries de serpentins, le purgeur doit se trouver en dessous des tubes de chauffage. Si la pression de vapeur est régulée, utilisez un casse-vide. Celui-ci peut être intégré dans les purgeurs FF ou monté sur la canalisation d'admission d'un purgeur FIO Comme réservoir de condensat, placez un pot de purge de bonnes dimensions en amont du purgeur. La purge des serpentins est ainsi assurée lorsque le débit de condensat est au maximum et la pression différentielle de vapeur au minimum.

Si la pression de vapeur est régulée, évitez de remonter le condensat des échangeurs tubulaires, des échangeurs à circuit embouti ou des batteries de serpentins. Si vous devez le faire malgré tout, suivez les recommandations suivantes :

1. N'éveillez pas le condensat à plus de 0,2 bar de la pression différentielle normale, que ce soit avant ou après le purgeur.
2. Si l'élevation du condensat a lieu après le purgeur, installez un purgeur de sécurité à basse pression (voir page CG-56).
3. Si l'élevation du condensat a lieu en amont du purgeur (élévation par siphon), installez un contrôleur différentiel de condensat pour évacuer toute la vapeur de revaporation.

Tableau CG-38-1. Tableau de recommandations

(Pour la définition des lettres codes, voir page CG-9.)

| Équipement à purger | 1er choix et lettres codes | Pression constante | | 1er choix et lettres codes | Pression variable | |
|--------------------------------------------------------------------|------------------------------|--------------------|---------------------|----------------------------|-------------------|---------------------|
| | | 0 - 2 barg | Supérieure à 2 barg | | 0 - 2 barg | Supérieure à 2 barg |
| Échangeurs de chaleur tubulaires | B, C, E, F, G, I, K, N, Q | FIO LV | FIO LV | B, C, G, H, I, L | FF [†] | FF [†] |
| | Choix alternatif | DC FF | DC *FF | Choix alternatif | DC IBT | DC FIO LV |
| Siphon sur échangeurs à circuit embouti et à serpentins | B, C, E, F, G, H, I, K, N, Q | DC | DC | B, C, G, H, I, L | DC | DC |
| | Choix alternatif | FIO LV | FIO LV | Choix alternatif | IBT | FIO LV |
| Purge par gravité sur échangeurs à circuit embouti et à serpentins | B, C, E, F, G, I, K, N, Q | FIO LV | FIO LV | B, C, G, H, I, L | FF [†] | *FF [†] |
| | Choix alternatif | DC FF | DC FF | Choix alternatif | DC IBT | DC FIO LV |

* Utiliser un équipement FIO LV au-dessus des limitations en pression/température.

† Si des impuretés et de grands volumes d'air doivent être évacués, un purgeur FIO avec évent thermostatique peut s'avérer efficace.

Remarque :

1. Prévoyez un casse-vide aux endroits où une pression sub-atmosphérique peut se produire.
2. Prévoyez un purgeur de sécurité si le condensat est élevé et que la pression est régulée.

Comment purger les évaporateurs



Les évaporateurs servent à réduire la teneur en eau d'un produit à l'aide de vapeur. Ils sont d'un usage courant dans de nombreux secteurs, notamment dans l'industrie du papier et les industries alimentaires, textiles, chimiques et métallurgiques.

L'évaporateur est habituellement constitué d'un échangeur tubulaire dont la vapeur est contenue dans l'enveloppe, le produit à évaporer circulant dans les tubes. En fonction du type de produit et du taux d'évaporation requis, plusieurs étages d'évaporation peuvent être nécessaires. Les évaporateurs à trois étages sont les plus courants ; certaines applications peuvent cependant utiliser cinq ou six étages.

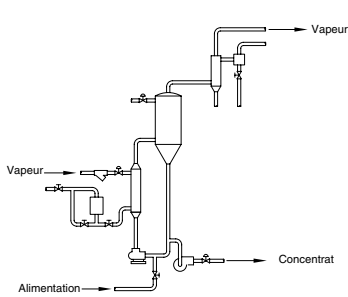
Évaporateur à un étage

Tout au long de son passage dans les tubes de l'évaporateur, le produit est réchauffé afin d'extraire une certaine quantité d'humidité. Le produit concentré et sa vapeur sont ensuite envoyés dans une chambre de séparation où la vapeur est extraite pour être utilisée ailleurs. Le concentrat est ensuite pompé et envoyé dans une autre partie du processus (fig. CG-31-1).

Évaporateur à plusieurs étages

Dans le système à plusieurs étages, l'énergie est conservée : la vapeur de la chaudière est utilisée dans le premier étage, puis la vapeur générée par le produit est utilisée comme source de chaleur dans l'étage suivant. La vapeur générée dans ce dernier est ensuite utilisée comme source de chaleur dans le troisième étage, puis est récupérée dans un autre processus ou pour préchauffer le produit à l'entrée du système (fig. CG-39-2).

Figure CG-39-1. Système évaporateur à un étage



La conception des évaporateurs se base sur grand nombre de variables, étant donné la diversité des produits traités. Le débit de vapeur des évaporateurs peut varier approximativement de 500 kg/h à 50 000 kg/h et la pression de vapeur de 10 barg, dans le premier étage, à 60 cm de dépression dans le dernier

En principe, les évaporateurs fonctionnent en continu, le débit de condensat à évacuer est donc constant. Il est important de noter que les purgeurs doivent être sélectionnés en fonction de la pression différentielle de chaque étage.

Voici les trois principaux éléments à considérer dans la purge des évaporateurs :

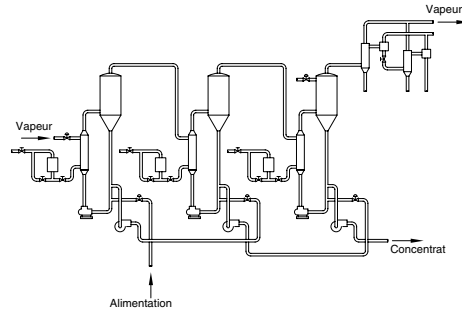
1. Débits de condensat importants.
2. Faibles pressions différentielles à certains étages.
3. De l'air et des contaminants doivent être évacués.

Coefficient de sécurité

- Un coefficient de sécurité de 2 est généralement approprié pour des débits de condensation à peu près constants de plus de 25 000 kg/h.
- Au-dessous de 25 000 kg/h, utilisez un coefficient de sécurité de 3.

Les contrôleurs différentiels de condensat sont recommandés pour tous les évaporateurs, qu'ils soient à un ou plusieurs étages. Outre l'avantage d'un fonctionnement continu, les contrôleurs différentiels de condensat évacuent l'air et le CO₂ à la température de la vapeur, traitent la vapeur de revaporisation et répondent immédiatement en cas de bouchon de condensat.

Figure CG-39-2. Système évaporateur à trois étages



| Tableau CG-39-1. Tableau de recommandations (Pour la définition des lettres codes, voir page CG-9.) | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------|--------------------|
| Équipement à purger | 1er choix, lettres codes et choix alternatif | 0 - 2 barg | Supérieur à 2 barg |
| Évaporateurs à un seul étage | A, F, G, H, K, M, P | DC | DC |
| | Choix alternatifs | FIO LV FF | FIO LV FF |
| Évaporateurs à plusieurs étages | A, F, G, H, K, M, P | DC | DC |
| | Choix alternatifs | FIO LV FF | FIO LV FF |



Comment purger les évaporateurs

Installation

Étant donné que l'évaporateur est essentiellement un échangeur de chaleur tubulaire dont l'enveloppe contient de la vapeur, des purgeurs d'air et de condensat séparés doivent être installés sur cet échangeur. Les purgeurs d'air doivent être installés à tout endroit où l'air a tendance à s'accumuler, comme les zones de l'enveloppe où il y a peu de turbulences. Installez un purgeur à chaque étage. Bien que le condensat du premier étage puisse retourner à la chaudière, le condensat des étages suivants ne peut y retourner, car il est contaminé par le produit évaporé.

Sélection de purgeurs pour les évaporateurs

Lors du calcul du débit de condensat des évaporateurs, il convient de choisir le coefficient k (kJ/h.m².°C) avec soin. En règle générale, les valeurs suivantes peuvent être utilisées :

- 5 860 pour les évaporateurs à circulation naturelle à basse pression de vapeur (2 barg max.)
- 10 050 en circulation naturelle à haute pression (3 barg au maximum)
- 15 070 pour les évaporateurs à circulation forcée

La formule suivante permet de calculer le transfert de chaleur dans des échangeurs à pression de vapeur constante et à débit de produit continu.

$$H = A \times k \times \Delta t_m$$

Où :

- H = Chaleur totale transférée en kJ/h
- A = Surface extérieure des tubes en m²
- k = Coefficient de transfert de chaleur en kJ/h.m².°C (voir tableaux CG-37-1 et CG-37-2)

Δt_m = Différence de température moyenne logarithmique entre la vapeur et le liquide (comme entre l'entrée et la sortie d'un échangeur) en °C

$$\Delta t_m = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{L_n \left(\frac{\Delta t_1}{\Delta t_2} \right)}$$

Où :

- Δt_1 = La plus grande différence de température
- Δt_2 = La plus petite différence de température

La différence de température moyenne logarithmique peut être estimée à l'aide de l'abaque du diagramme CG-41-1.

EXEMPLE :

A = Tubes de transfert de chaleur : 8 tubes de 3/4" de diam.ext. et de 3,6 m de long

$$\frac{8 \times 3,6}{16,7} = 1,7 \text{ m}^2$$

(d'après le tableau CG-41-3)

$$k = 10 260 \text{ kJ/h.m}^2.\text{°C}$$

Conditions :

Eau à l'entrée : 4,5°C
Eau à la sortie : 65,5°C

Pression de vapeur de 8,5 barg ou température de vapeur de 178,3°C

$$\Delta t_1 = 178,3^\circ\text{C} - 4,5^\circ\text{C} = 173,8^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_2 = 178,3^\circ\text{C} - 65,5^\circ\text{C} = 112,8^\circ\text{C}$$

En divisant par 4 pour rester dans les limites du diagramme CG-41-1, nous obtenons :

$$\Delta t_1 = 43,5^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_2 = 28,2^\circ\text{C}$$

L'abaque donne une différence moyenne de 35°C. Multiplions-la par 4 pour obtenir la différence de température moyenne réelle de 140°C. Substituons cette valeur dans l'équation :

$$H = 1,7 \text{ m}^2 \times 10 260 \text{ kJ/h.m}^2.\text{°C} \times 140^\circ\text{C} = 2 441 880 \text{ kJ/h}$$

Chaleur latente de la vapeur à 8,5 barg = 2 018 kJ/kg

$$\frac{2 441 880 \text{ kJ/h}}{2 018 \text{ kJ/kg}} = 1 210 \text{ kg/h}$$

Pour calculer le débit de purge requis, multipliez le débit de condensation par le coefficient de sécurité recommandé.

Comment purger les évaporateurs



Tableau CG-41-1. Valeurs k en kJ/h.m².°C pour les échangeurs tubulaires

| Type d'utilisation | Circulation | |
|-----------------------------|----------------|----------------|
| | Naturelle | Forcée |
| Vapeur/eau | 1 030 – 4 080 | 3 055 – 24 285 |
| Échangeur à tubes de 1 1/2" | 3 665 | 9 210 |
| Échangeurs à tubes de 3/4" | 4 080 | 10 260 |
| Vapeur/huile | 210 – 630 | 1 025 – 3 055 |
| Vapeur/liquide bouillant | 6 070 – 16 330 | - |
| Vapeur/huile bouillante | 1 025 – 3 055 | - |

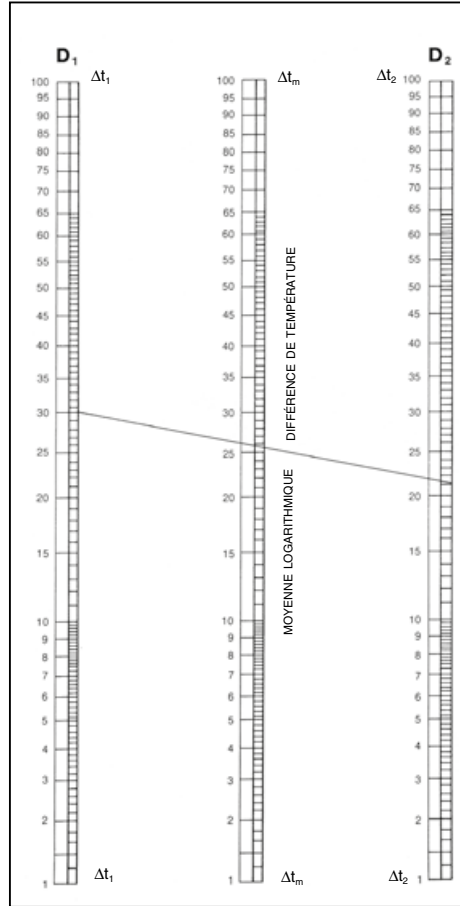
Tableau CG-41-2. Valeurs k en kJ/h.m².°C pour les échangeurs à circuit embouti

| Type d'utilisation | Circulation | |
|-------------------------|---------------|---------------|
| | Naturelle | Forcée |
| Vapeur/liquides aqueux | 2 095 – 4 080 | 3 055 – 5 650 |
| Vapeur/mazout léger | 840 – 920 | 1 255 – 2 260 |
| Vapeur/pétrole moyen | 420 – 840 | 1 025 – 2 050 |
| Vapeur/mazout lourd C | 335 – 630 | 840 – 1 675 |
| Vapeur/bitume | 335 – 500 | 377 – 1 255 |
| Vapeur/soufre fondu | 500 – 710 | 710 – 920 |
| Vapeur/paraffine fondue | 500 – 710 | 840 – 1 045 |
| Vapeur/mélasse ou sirop | 420 – 840 | 1 445 – 1 840 |
| Downterm/bitume | 335 – 630 | 1 025 – 1 255 |

Tableau CG-41-3. Table de conversion des diamètres de tube
(Divisez la longueur en mètres par le facteur correspondant au diamètre et au type de tube pour obtenir la surface en m²).

| Diam. de tube (mm) | Tube en acier | Tube en cuivre ou laiton |
|--------------------|---------------|--------------------------|
| 15 | 14,92 | 25,03 |
| 20 | 11,94 | 16,70 |
| 25 | 9,51 | 12,53 |
| 32 | 7,54 | 10,00 |
| 40 | 6,59 | 8,36 |
| 50 | 5,28 | 6,26 |
| 65 | 4,36 | 4,99 |
| 80 | 3,58 | 4,17 |
| 100 | 2,78 | 3,13 |

Diagramme CG-41-1. Différence de température moyenne des échangeurs de chaleur



Portez la plus grande différence de température sur l'échelle **D₁** et reliez-la à la plus petite différence de température portée sur l'échelle **D₂** ; l'intersection avec l'échelle du milieu donne la différence de température moyenne logarithmique.



Comment purger les cuiseurs à double enveloppe

Les cuiseurs à double enveloppe sont essentiellement des cuiseurs ou des concentrateurs à vapeur. Ils sont utilisés partout dans le monde dans un grand nombre d'applications, notamment dans le conditionnement des viandes, la fabrication du papier, du sucre et des conserves, le traitement des fruits et des légumes ou la préparation des aliments.

Il existe deux types de cuiseurs à double enveloppe : les cuiseurs purgés par gravité et les cuiseurs purgés par siphon basculant. Chacun de ces types nécessite une méthode particulière de purge, bien que les problèmes principaux soient communs aux deux.

Le problème le plus important est l'accumulation d'air dans la double enveloppe, qui a un effet négatif sur la température. Les cuiseurs à double enveloppe fonctionnent généralement de façon discontinue et le maintien d'une température de cuisson uniforme est crucial. En cas d'excès d'air dans la double enveloppe, de grandes variations de température peuvent se produire, qui se traduisent par des produits brûlés ou un ralentissement de la production. Plus précisément, une teneur de 1/2% en volume d'air dans la vapeur peut former un film isolant sur la surface d'échange et réduire l'efficacité du transfert de chaleur de 50%. Voir pages CG-14 et CG-15.

Une deuxième préoccupation dans l'utilisation de ces cuiseurs est l'élimination constante et complète du condensat. L'accumulation de condensat dans l'enveloppe rend la régulation de température non fiable, réduit la puissance du cuiseur et provoque des coups de béliers.

Sélection de purgeurs pour les cuiseurs à double enveloppe

Le débit de purge requis peut être calculé à l'aide de la formule suivante :

$$Q_c = \frac{k \times A \times \Delta t_m}{r}$$

Où :

- Q_c = Débit de condensat en kg/h
- k = Coefficient de transfert de chaleur en kJ/h.m².°C
- A = Aire d'échange en m²
- Δt_m = Différence de température moyenne logarithmique entre la vapeur et le liquide (comme entre l'entrée et la sortie d'un échangeur) en °C. Voir page 35.
- r = Chaleur latente de la vapeur en kJ/kg

EXEMPLE : Quel est le débit de purge recommandé pour un cuiseur purgé par gravité, dont le diamètre intérieur est de 815 mm, la pression de vapeur de 7 barg et dont le contenu est chauffé de 20°C à 80°C ? La formule donne :

$$Q_c = \frac{3\,600 \times 1,04 \times 106,19}{2\,047} = 194 \text{ kg/h}$$

$k = 3\,600$ kJ/h.m².°C en considérant qu'il s'agit d'acier inoxydable
 $A = 1,04$ m² (donnée du fabricant)

Multiplions à présent le résultat par le coefficient de sécurité 3 pour obtenir un débit de 582 kg/h permettant de sélectionner le type de purgeur approprié.

Le débit de condensat peut être calculé par une autre méthode à l'aide de la formule suivante :

$$Q_c = \frac{V \times s.g. \times c \times \Delta t}{r \times h} \times 60$$

Où :

- Q_c = Débit de condensat en kg/h
- V = Litres de liquide à chauffer

- $s.g.$ = Masse spécifique du liquide en kg/m³
- c = Chaleur spécifique du liquide en kJ/kg°C
- Δt = Élévation de température du liquide en °C
- r = Chaleur latente de la vapeur en kJ/kg (voir les tables vapeur, colonne 5, page CG-10)
- h = Temps de chauffe en heures

EXEMPLE : Il faut sélectionner un purgeur pour un cuiseur de 1 000 litres utilisant de la vapeur à 0,5 barg pour chauffer un liquide (lait) dont masse spécifique est de 1,03 kg/m³ et la chaleur spécifique est de 3,77 kJ/kg°C (tableau CG-62-1, page CG-62). Partant d'une température ambiante de 20°C, le produit doit être porté à 80°C en 30 minutes. La formule donne :

$$Q_c = \frac{1\,000 \text{ l} \times 1,03 \text{ kg/m}^3 \times 3,77 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \times 60^\circ\text{C}}{2\,226 \text{ kJ/kg} \times 0,5 \text{ h}} = 211 \text{ kg/h}$$

Multiplions à présent le résultat par le coefficient de sécurité 3, pour obtenir un débit de 633 kg/h permettant de sélectionner le type de purgeur approprié.

Sur la base des besoins standard et des problèmes inhérents aux cuiseurs purgés par gravité, il s'avère que le purgeur le plus efficace est le purgeur FIO

Le purgeur FIO permet d'évacuer l'air et le CO₂ à la pression de la vapeur et est d'une efficacité parfaite en cas de contre-pression. Pour les cuiseurs purgés par siphon basculant, il est recommandé d'utiliser un contrôleur différentiel de condensat. Identique à un purgeur FIO quant à ses caractéristiques, le contrôleur différentiel de condensat offre en plus d'excellentes aptitudes à évacuer les gaz à très basse pression et à traiter la vapeur de revaporisation. Si un purgeur FIO doit être utilisé avec siphon basculant, sélectionnez-le d'une taille supérieure à la taille normale.

Recommandations générales pour un maximum d'efficacité

Vitesse de cuisson souhaitable. Les produits traités dans les cuiseurs ont une très grande influence sur la sélection des purgeurs ; pour une installation comportant un grand nombre de cuiseurs, il convient donc d'essayer différentes tailles de purgeur afin de déterminer la taille optimale.

Alimentation en vapeur. Utilisez des conduites de vapeur largement dimensionnées. Pour un résultat optimal, placez la tubulure d'admission en haut du cuiseur. Cette tubulure doit présenter des fentes de manière à répartir la vapeur tout autour de l'enveloppe.

Installation

Installez les purgeurs près du cuiseur. Vous pouvez encore améliorer la sécurité de fonctionnement et la capacité à évacuer l'air en installant un événement thermostatique aux points hauts de la double enveloppe. (Voir figures CG-43-1 et CG-43-2.)

Ne purgez jamais plusieurs cuiseurs avec le même purgeur. Cette méthode entraînera toujours des courts-circuits.

Tableau CG-42-1. Tableau de recommandations
(Pour la définition des lettres codes, voir page CG-9.)

| Équipement à purger | 1er choix et lettres codes | Choix alternatif |
|---------------------------------------------|------------------------------|----------------------|
| Cuiseur double enveloppe, purge par gravité | FIO LV B, C, E, H, K, N | FF ou thermostatique |
| Cuiseur double enveloppe, purge par siphon | DC B, C, E, G, H, K, N, P | FIO LV |

Comment purger les cuiseurs à double enveloppe



Figure CG-43-1. Cuiseur purgé par gravité

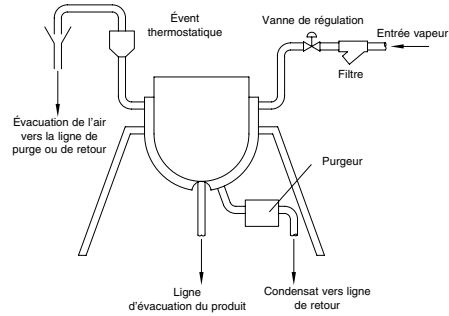


Figure CG-43-2. Cuiseur purgé par siphon basculant

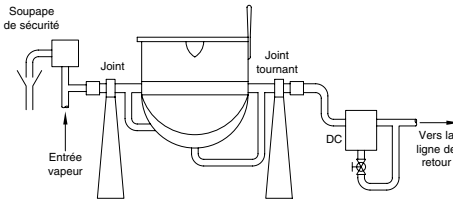


Tableau CG-43-1. Débits de condensat en kg/h pour les cuiseurs à double enveloppe – Surface de condensation hémisphérique
Le coefficient de sécurité 3 est inclus. Soit k = 3 600 kJ/h.m².°C, température initiale = 10°C

| Diamètre de cuiseur (mm) | Surface de transfert (m ²) | Litres d'eau dans l'hémisphère | Litres d'eau par m ² de hauteur au-dessus de l'hémisphère | Pression de vapeur (barg) | | | | | | | | |
|--------------------------|----------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------|------------|--------------|--------------|------------|------------|------------|--------------|
| | | | | 0,35 108°C | 0,7 115°C | 1 120°C | 1,7 130°C | 2,5 139°C | 4 152°C | 5 159°C | 7 170°C | 8,5 178°C |
| 460 | 0,33 | 26,5 | 0,16 | 154 | 166 | 176 | 193 | 215 | 237 | 256 | 274 | 291 |
| 485 | 0,36 | 30,3 | 0,18 | 172 | 185 | 196 | 217 | 240 | 264 | 286 | 304 | 324 |
| 510 | 0,40 | 34,1 | 0,20 | 191 | 207 | 219 | 241 | 267 | 296 | 319 | 339 | 362 |
| 560 | 0,49 | 45,4 | 0,25 | 233 | 252 | 267 | 294 | 326 | 360 | 388 | 414 | 441 |
| 610 | 0,59 | 60,6 | 0,29 | 276 | 300 | 317 | 349 | 387 | 428 | 462 | 492 | 524 |
| 660 | 0,69 | 75,7 | 0,34 | 326 | 351 | 373 | 410 | 455 | 503 | 542 | 577 | 616 |
| 710 | 0,79 | 94,6 | 0,39 | 373 | 405 | 428 | 471 | 522 | 576 | 622 | 663 | 707 |
| 760 | 0,91 | 117,4 | 0,45 | 430 | 466 | 494 | 543 | 602 | 665 | 718 | 765 | 816 |
| 815 | 1,04 | 140,1 | 0,52 | 493 | 533 | 564 | 621 | 688 | 760 | 821 | 874 | 932 |
| 865 | 1,17 | 170,3 | 0,59 | 554 | 599 | 635 | 699 | 774 | 854 | 883 | 983 | 1 049 |
| 915 | 1,31 | 200,6 | 0,66 | 620 | 670 | 711 | 782 | 866 | 956 | 1 034 | 1 100 | 1 174 |
| 965 | 1,46 | 234,7 | 0,73 | 691 | 746 | 791 | 870 | 964 | 1 065 | 1 151 | 1 226 | 1 306 |
| 1 015 | 1,62 | 276,3 | 0,81 | 765 | 827 | 877 | 964 | 1 069 | 1 181 | 1 275 | 1 358 | 1 448 |
| 1 070 | 1,78 | 318,0 | 0,89 | 844 | 913 | 967 | 1 064 | 1 179 | 1 302 | 1 407 | 1 498 | 1 598 |
| 1 120 | 1,96 | 367,2 | 0,98 | 928 | 1 002 | 1 064 | 1 170 | 1 297 | 1 431 | 1 546 | 1 647 | 1 756 |
| 1 170 | 2,14 | 416,4 | 1,07 | 1 012 | 1 094 | 1 159 | 1 275 | 1 412 | 1 559 | 1 685 | 1 795 | 1 914 |
| 1 220 | 2,35 | 465,6 | 1,17 | 1 113 | 1 203 | 1 275 | 1 401 | 1 554 | 1 716 | 1 854 | 1 975 | 2 106 |
| 1 370 | 2,94 | 673,8 | 1,48 | 1 397 | 1 509 | 1 599 | 1 759 | 1 950 | 2 153 | 2 327 | 2 478 | 2 642 |
| 1 525 | 3,64 | 927,4 | 1,83 | 1 724 | 1 863 | 1 975 | 2 172 | 2 408 | 2 659 | 2 872 | 3 059 | 3 262 |
| 1 830 | 5,24 | 1 601,2 | 1,89 | 2 483 | 2 683 | 2 844 | 3 128 | 3 468 | 3 829 | 4 136 | 4 405 | 4 697 |



Comment purger les équipements à enceinte de vapeur fermée fixe

Ces équipements comprennent les presses à plateaux pour la fabrication de contreplaqué et autres produits en panneau, les moules à enveloppe de vapeur pour les pièces en caoutchouc ou en plastique, les autoclaves de pasteurisation, de stérilisation ou de cuisson.

Produits enfermés dans une presse

Les produits en plastique ou en caoutchouc moulé, comme les boîtiers de batterie, les jouets, les garnitures et les pneus sont formés et traités dans des équipements de ce type ; le contreplaqué y est comprimé et collé. Les calendres de blanchisserie sont une forme de presse qui comporte une enceinte de vapeur d'un seul côté du produit.

Sélection des purgeurs et coefficients de sécurité

Le débit de condensat des équipements à enceinte fermée fixe se calcule à l'aide de la formule suivante :

$$Q_c = A \times R \times CS$$

Où :

Q_c = Débit de condensat en kg/h

A = Surface totale du plateau en contact avec le produit, en m²

R = Débit de condensation unitaire en kg/h/m² (pour le dimensionnement des purgeurs, une valeur de 35 kg/h/m² peut être utilisée)

CS = Coefficient de sécurité

EXEMPLE : Quel est le débit de condensat du plateau intermédiaire d'une presse de 600 x 900 mm ? La formule donne :

$$Q_c = 0,54 \text{ m}^2 \times 35 \text{ kg/h/m}^2 \times 3 = 56,7 \text{ kg/h}$$

Les plateaux d'extrémité produisent la moitié de ce débit.

Le coefficient de sécurité recommandé pour tous les équipements de ce type est de 3.

Le purgeur FIO est le premier choix recommandé pour les enceintes fermées, les séchoirs et les calendres, étant donné qu'il peut purger le système, résister aux coups de bélier et conserver l'énergie. Les purgeurs thermostatiques et à disque sont des alternatives acceptables.

Installation

Bien que le débit de condensat de chaque plateau soit faible, la purge individuelle est essentielle afin d'éviter les courts-circuits (fig. CG-44-1). En outre, elle permet de maintenir une température maximale et uniforme à une pression donnée en évacuant efficacement le condensat et les gaz non condensables.

Injection directe de vapeur dans la cuve de produit.

Ce type d'équipement met la vapeur en contact avec le produit dans le but de le traiter, de le stériliser ou de le cuire. Par exemple, les autoclaves utilisés pour la production de caoutchouc et de plastique, les stérilisateurs de blouses et de pansements chirurgicaux, et les autoclaves pour la cuisson de produits alimentaires conditionnés en boîte.

Sélection des purgeurs et coefficients de sécurité

Le débit de condensat se calcule à l'aide de la formule suivante :

$$Q_c = \frac{W \times c \times \Delta t}{r \times h}$$

Où :

Q_c = Débit de condensat en kg/h

W = Masse de produit en kg

c = Chaleur spécifique du produit en kJ/kg/°C

(Tableau CG-62-1, page CG-62)

Δt = Élévation de température du produit en °C

r = Chaleur latente de la vapeur en kJ/kg (voir colonne 5 des tables vapeur, page CG-10)

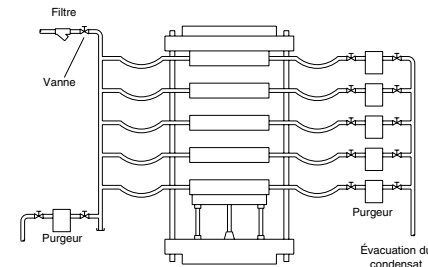
h = Temps en heures

EXEMPLE : Quel est le débit de condensat d'un autoclave contenant 100 kg de caoutchouc dont la température doit être élevée à 150°C à partir d'une température initiale de 20°C ? L'autoclave fonctionne avec une pression de vapeur de 8 barg et le traitement dure 20 minutes. La formule donne :

$$Q = \frac{100 \text{ kg} \times 2,1 \text{ kJ/kg/}^\circ\text{C} \times 130^\circ\text{C}}{2 029 \text{ kJ/kg} \times 0,33} = 41 \text{ kg/h}$$

En multipliant ce débit par le coefficient de sécurité 3 recommandé, nous obtenons le débit du purgeur, soit 123 kg/h.

Figure CG-44-1. Produits enfermés dans une presse



Comment purger les équipements à enceinte de vapeur fermée fixe



Comme la vapeur est en contact avec le produit traité, des impuretés sont à prévoir dans le condensat. En outre, étant donné le grand volume de la cuve, l'évacuation du condensat et des gaz non condensables doit faire l'objet d'une attention particulière. C'est pourquoi il est recommandé d'utiliser un purgeur FIO et un événement thermostatique auxiliaire installé en haut de la cuve.

S'il est impossible d'installer un événement thermostatique, le purgeur doit avoir la capacité d'évacuer un grand volume d'air. Pour des cuves de grande capacité, un contrôleur différentiel de condensat doit être considéré comme premier choix. Un purgeur FF ou un purgeur thermostatique peut être utilisé comme solution alternative s'il est précédé d'un filtre et que celui-ci est vérifié régulièrement.

Installation

La vapeur et le condensat étant en contact avec le produit, le condensat doit être évacué par une voie autre que la conduite de retour à la chaudière. Dans la plupart des cas, le condensat s'écoule par gravité vers le purgeur. Toutefois, il existe très souvent une dénivellation en aval du purgeur. Comme la pression de vapeur est généralement constante, l'élévation du condensat ne pose pas de problème. Pour une élimination complète de l'air et une montée en température rapide, il convient d'installer un événement thermostatique au point haut de la cuve. Voir fig. CG-45-1.

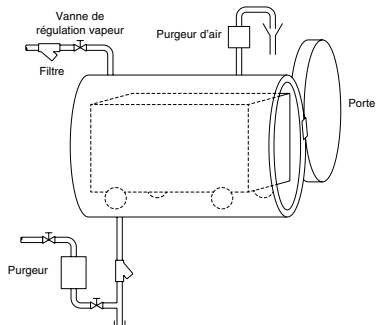
Produit dans la cuve – Vapeur dans l'enveloppe

Les autoclaves et les stérilisateur sont des exemples courants de ce type d'équipement ; comme il n'y a pas de contact avec le produit, le condensat peut être renvoyé directement à la chaudière. Pour un fonctionnement optimal, des purgeurs capables d'évacuer de grands volumes d'air sont toutefois nécessaires.

Sélection des purgeurs et coefficients de sécurité

Lorsque la vapeur et le produit sont séparés, le dimensionnement des purgeurs s'effectue à l'aide de la même formule que pour l'injection directe de vapeur. Le coefficient de sécurité est également de 3.

Figure CG-45-1. Injection directe de vapeur dans la cuve de produit



Le purgeur à flotteur inversé ouvert est recommandé, étant donné qu'il conserve l'énergie, purge le système et résiste aux coups de bélier.

Pour une plus grande aptitude à évacuer l'air, utilisez un purgeur FIO associé à un événement thermostatique installé au point haut de la cuve. La solution alternative est un purgeur FF ou un purgeur thermostatique. Dans le cas de cuves de grande capacité où l'installation d'un événement thermostatique n'est pas possible, le contrôleur différentiel de condensat doit être considéré comme le premier choix.

Installation

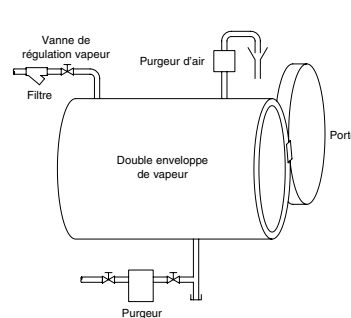
Dans ce type d'équipement, la vapeur et le condensat n'entrent pas en contact avec le produit et peuvent être évacués par la conduite de retour à la chaudière. Dans la mesure du possible, installez un événement thermostatique auxiliaire à un point haut de l'enceinte vapeur. Voir fig. CG-45-2.

| Tableau CG-45-1. Tableau de recommandations (Pour la définition des lettres codes, voir page CG-9.) | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Équipement à purger | 1er choix et lettres codes | Choix alternatifs |
| Produits enfermés dans une presse | FIO A, B, E, K | CD et thermostatique |
| Injection directe de vapeur dans la cuve de produit | *FIO A, B, E, H, K, N, Q | **DC |
| Produit dans la cuve – Vapeur dans l'enveloppe | *FIO A, B, E, H, K | Thermostatique, FF et **DC |

* Un événement thermostatique auxiliaire est recommandé.

** Premier choix sur des cuves de grand volume.

Figure CG-45-2. Produit dans la cuve – Vapeur dans l'enveloppe



Comment purger les séchoirs rotatifs purgés par siphon

Il existe deux catégories de séchoirs rotatifs, qui se distinguent essentiellement par leur fonction et la méthode de séchage utilisée. Dans la première catégorie, le produit est séché en le mettant en contact avec la surface extérieure d'un cylindre rempli de vapeur. Dans la seconde, le produit se trouve à l'intérieur d'un cylindre tournant où il est en contact direct avec des tubes remplis de vapeur. Dans certaines applications, le cylindre est lui-même chauffé par une enveloppe de vapeur.

Coefficient de sécurité

Pour les deux catégories de séchoirs, le coefficient de sécurité dépend du dispositif de purge utilisé.

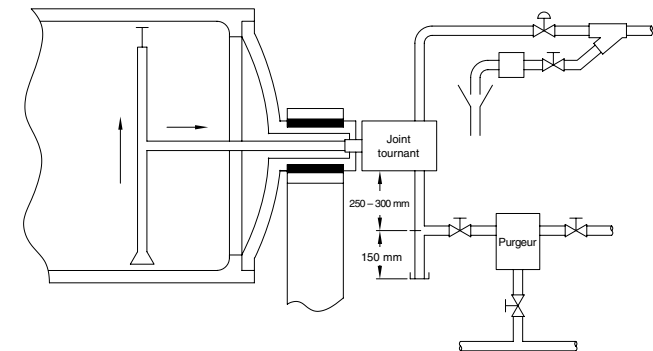
■ Dans le cas d'un contrôleur différentiel de condensat (DC), utilisez un coefficient de sécurité de 3 sur le débit maximum. Cette valeur permet de tenir compte de la vapeur de revaporisation, des bouchons de condensat importants, des variations de pression et de l'élimination des gaz non condensables. Le DC se charge de toutes ces fonctions autant à pression qu'à pression modulée.

■ Dans le cas d'un purgeur FIO avec événement de grande capacité, le coefficient de sécurité doit être augmenté pour compenser la présence d'un grand volume de gaz non condensables et de vapeur de revaporisation. À pression constante, appliquez un coefficient de sécurité de 8. Si la pression est modulée, utilisez un coefficient de sécurité de 10.

Cylindre rotatif rempli de vapeur et produit à l'extérieur

Ces séchoirs sont largement utilisés dans les industries du papier, du plastique et les industries textiles et alimentaires. Exemples : les séchoirs à tambour, les calendres de blanchisserie et les sécheurs de machine à papier. Leurs vitesses de rotation vont de 1 à 2 tpm jusqu'à de hautes vitesses telles que 5 000 tpm. Les pressions de vapeur vont de valeurs sub-atmosphériques jusqu'à 14 barg. Les diamètres peuvent varier de 150 mm ou 200 mm à 4 000 mm ou plus. Dans tous les cas, le condensat accompagné de vapeur de revaporisation doit être évacué par siphon.

Figure CG-46-1. Produit à l'extérieur du séchoir



Un cylindre en rotation purgé par un siphon – un siphon intérieur enveloppé de vapeur. Le tube du siphon étant enveloppé de vapeur et l'évacuation s'effectuant avec une remontée, une certaine quantité de condensat se revaporise.

Sélection des purgeurs

Les débits de condensat peuvent être calculés comme suit :

$$Q_c = \pi d \times R \times W$$

Où :

Q_c = Débit de condensat en kg/h

d = Diamètre du tambour en m

R = Taux de condensation en kg/h/m²

W = Longueur du tambour en m

EXEMPLE : Calculez le débit de condensat d'un séchoir de 1 500 mm de diamètre, 3 000 mm de longueur et d'un taux de condensation de 35 kg/h/m². La formule donne :

$$\text{Débit de condensat} = \pi(1,5) \times 35 \times 3 = 495 \text{ kg/h}$$

Étant donné son aptitude à purger le système et à traiter la vapeur de revaporisation et les bouchons de condensat, le contrôleur différentiel de condensat est le premier choix. Un purgeur FIO LV peut convenir si les procédures de dimensionnement appropriées sont suivies.

| Tableau CG-46-1. Tableau de recommandations (Pour la définition des lettres codes, voir page CG-9.) | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------|
| Équipement à purger | 1er choix et lettres codes | Choix alternatifs |
| Séchoirs rotatifs | DC A, B, K, M, P, N | FIO LV* |

* À pression constante, appliquez un coefficient de sécurité de 8 ; à pression modulée utilisez 10

Comment purger les séchoirs rotatifs purgés par siphon



Produit à l'intérieur d'un cylindre chauffé à la vapeur

Ce type de séchoir trouve un grand nombre d'applications dans le conditionnement des viandes, ainsi que dans les industries de traitement des aliments. Par exemple, les séchoirs de céréales, les cuiseurs rotatifs et les conditionneurs de fèves.

Leur vitesse de rotation, relativement faible, est habituellement limitée à quelques tours par minute ; la pression de vapeur peut varier de 0 à 10 barg. En raison de ces faibles vitesses de rotation, le condensat s'accumule au fond de la cuve dans pratiquement tous les cas. Dans ce type de séchoir, la purge par siphon est également requise et l'évacuation génère de la vapeur de revaporisation.

Sélection des purgeurs

Le débit de condensat généré par ce type de séchoir peut être calculé comme suit :

$$Q_C = N \times L \times R \times S$$

Où :

Q_C = Condensat en kg/h

N = Nombre de tubes

L = Longueur des tubes en m

R = Taux de condensation en kg/h/m² (en général 30 à 45 kg/h m²)

S = Surface extérieure du tube en m²/m (voir tableau CG-47-1)

EXEMPLE : Quel est le débit de condensat d'un cuiseur rotatif contenant 30 tubes en acier de 1 1/4" de diamètre et 3 m de long, avec un taux de condensation de 40 kg/h/m² ?

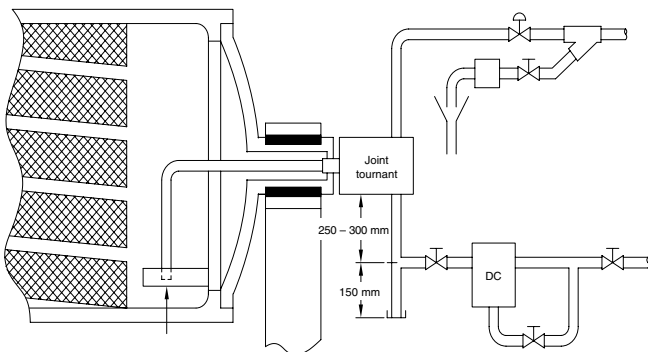
La formule donne :

$$Q = 30 \times 3 \text{ m} \times 40 \text{ kg/h/m}^2 \times 0,13 \text{ m}^2/\text{m} = 468 \text{ kg/h}$$

Grâce à ses caractéristiques de purge et de traitement de la vapeur revaporisée, le contrôleur différentiel de condensat est recommandé pour ce type de séchoir.

Ici aussi, les purgeurs de type FIO LV nécessitent un dimensionnement approprié pour certaines applications.

Figure CG-47-1. Produit à l'intérieur du séchoir



Un cylindre en rotation purgé par un siphon – un siphon intérieur enveloppé de vapeur. Le tube du siphon étant enveloppé de vapeur et l'évacuation s'effectuant avec une remontée, une certaine quantité de condensat se revaporise.

Installation

Dans tous les cas, l'évacuation du condensat s'effectue au travers d'un joint tournant. Voir les figures CG-46-1 et CG-47-1. Le DC doit être placé à 250 – 300 mm au-dessous du joint tournant, avec une extension de collecte des impuretés de 150 mm. Ce tube d'extension sert de réservoir tampon pour le condensat et les particules de calcaire entraînées.

Tableau CG-47-1. Caractéristiques des conduites pour le calcul des pertes par rayonnement

| Diamètre | | Diamètre extérieur | Surface extérieure | Masse |
|----------|-----|--------------------|--------------------|--------|
| Pouces | DN | mm | m ² /m | kg/m |
| 1/8" | 6 | 10,2 | 0,03 | 0,49 |
| 1/4" | 8 | 13,5 | 0,04 | 0,77 |
| 3/8" | 10 | 17,2 | 0,05 | 1,02 |
| 1/2" | 15 | 21,3 | 0,07 | 1,45 |
| 3/4" | 20 | 26,9 | 0,09 | 1,90 |
| 1" | 25 | 33,7 | 0,11 | 2,97 |
| 1 1/4" | 32 | 42,4 | 0,13 | 3,84 |
| 1 1/2" | 40 | 48,3 | 0,15 | 4,43 |
| 2" | 50 | 60,3 | 0,19 | 6,17 |
| 2 1/2" | 65 | 76,1 | 0,24 | 7,90 |
| 3" | 80 | 88,9 | 0,28 | 10,10 |
| 4" | 100 | 114,3 | 0,36 | 14,40 |
| 5" | 125 | 139,7 | 0,44 | 17,80 |
| 6" | 150 | 165,1 | 0,52 | 21,20 |
| 8" | 200 | 219,0 | 0,69 | 31,00 |
| 10" | 250 | 273,0 | 0,86 | 41,60 |
| 12" | 300 | 324,0 | 1,02 | 55,60 |
| 14" | 350 | 355,0 | 1,12 | 68,30 |
| 16" | 400 | 406,0 | 1,28 | 85,90 |
| 20" | 500 | 508,0 | 1,60 | 135,00 |



Comment purger les réservoirs de revaporisation

Lorsque du condensat chaud ou de l'eau de chaudière sous pression est relâché à une pression inférieure, une partie de cette eau s'évapore ; cette fraction est appelée « vapeur secondaire » ou « vapeur de revaporisation ». L'enthalpie de la vapeur de revaporisation est identique à celle de la vapeur vive à la même pression ; cette énergie est toutefois perdue lorsque la vapeur de revaporisation est relâchée par le purgeur du récepteur. Convenablement dimensionné et installé, un système de récupération de la vapeur de revaporisation permet d'utiliser la chaleur latente de cette vapeur pour le chauffage des locaux, le chauffage ou le préchauffage d'eau, d'huile ou d'autres liquides, ainsi que pour le chauffage de process à basse pression.

Le cas échéant, de la vapeur d'échappement peut être mélangée à la vapeur de revaporisation. Dans d'autres cas, cette dernière doit recevoir un appoint de vapeur vive à pression réduite. La quantité réelle de vapeur de revaporisation formée varie en fonction des conditions de pression. Plus la différence entre la pression initiale et la pression de décharge est importante, plus la quantité de revaporisation générée sera grande.

Pour déterminer le pourcentage exact de vapeur de revaporisation formée sous certaines conditions, reportez-vous page CG-11.

Sélection des purgeurs

Le débit de condensat peut être calculé à l'aide de la formule suivante :

$$Q_C = L \cdot \frac{L \times P}{100}$$

Où :

Q_C = Débit de condensat en kg/h (à traiter par le purgeur)

L = Débit de condensat dans le réservoir de revaporisation en kg/h

P = Pourcentage de revaporisation

EXEMPLE : Calculez le débit résiduel de condensat d'un réservoir de revaporisation pour un débit d'entrée de 2 300 kg/h de condensat à 7 barg et une pression à l'intérieur du réservoir maintenue à 0,7 barg. D'après la page CG-11, le pourcentage de revaporisation P est de 10,5%. La formule donne :

$$Q = 2\,300 - \frac{(2\,300 \times 10,5)}{100} = 2\,059 \text{ kg/h}$$

Étant donné l'importance de la conservation de l'énergie et du fonctionnement à contre-pression, le purgeur le plus approprié pour le réservoir de revaporisation est le purgeur à flotteur inversé ouvert doté d'un grand orifice d'évent. De plus, le purgeur FIO fonctionne par intermittence tout en évacuant l'air et le CO₂ à la température de la vapeur

Dans certains cas, le purgeur à flotteur fermé et évent thermostatique est une alternative acceptable. Un des avantages de ce type de purgeur est son aptitude à évacuer les importants débits d'air au démarrage.

Pour connaître le pourcentage de vapeur de revaporisation produite lors d'une décharge de condensat à pression réduite, reportez-vous au diagramme CG-11-1 (page CG-11).

| Tableau CG-48-1. Tableau de recommandations (Pour la définition des lettres codes, voir page CG-9.) | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------|
| Équipement à purger | 1er choix et lettres codes | Choix alternatif |
| Réservoirs de revaporisation | FIO LV B, E, M, L, I, A, F | FF ou "DC |

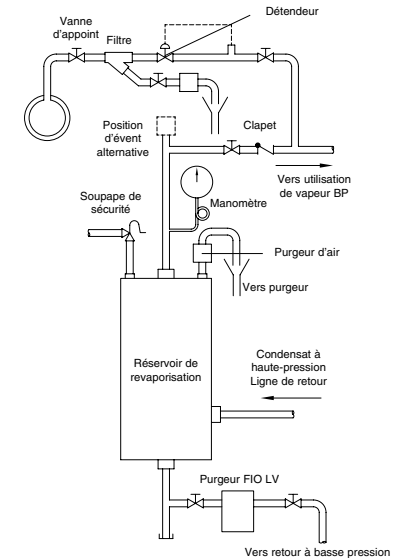
* Recommandé lorsque le débit de condensat est supérieur à la capacité de séparation du réservoir de revaporisation.

Le troisième type de dispositif qui peut être retenu comme premier choix est le contrôleur différentiel de condensat. Le contrôleur différentiel réunit les meilleures caractéristiques des deux purgeurs précités et est recommandé pour les grands débits de condensat qui excèdent la capacité du réservoir de revaporisation.

Coefficient de sécurité

Une quantité importante de condensat au démarrage, les variations de débit en fonctionnement et une faible pression différentielle imposent un coefficient de sécurité de 3 pour les réservoirs de revaporisation.

Figure CG-48-1. Schéma type de la canalisation d'un réservoir de revaporisation



Réservoir de revaporisation avec appoint de vapeur vive, montrant les accessoires et connexions recommandés. Les clapets de retenue dans les lignes d'arrivée permettent d'éviter les pertes de vapeur lorsqu'une conduite n'est pas utilisée. Le by-pass est ouvert lorsque la vapeur de revaporisation n'est pas utilisée. Les soupapes de sécurité permettent d'éviter toute surpression pouvant perturber le fonctionnement des purgeurs à haute pression de vapeur. Le détendeur réduit la pression de vapeur vive à la pression de revaporisation, de manière à pouvoir utiliser le mélange dans un processus ou pour le chauffage.

Comment purger les réservoirs de revaporisation



Installation

Les lignes de retour de condensat contiennent à la fois du condensat et de la vapeur de revaporisation. Pour récupérer cette vapeur, le collecteur de retour est dirigé vers un réservoir de revaporisation où le condensat est purgé et la vapeur conduite aux points de consommation (fig. CG-58). Les purgeurs évacuant du condensat dans le réservoir de revaporisation sont soumis à une contre-pression ; ils doivent donc être sélectionnés en conséquence et leur débit doit être suffisant pour les pressions différentielles existantes.

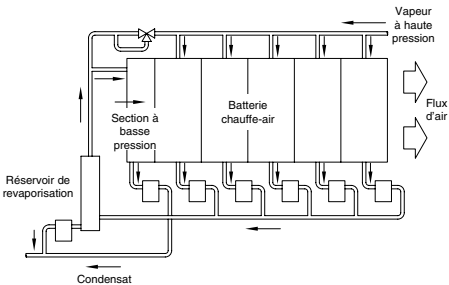
Les lignes de condensat doivent présenter une pente vers le réservoir de revaporisation et aux endroits où plusieurs lignes alimentent un réservoir. Un clapet de retenue doit être installé sur chaque ligne, de sorte que toute ligne non utilisée soit isolée des autres et ne soit pas parcourue en sens inverse par la vapeur de revaporisation, ce qui provoquerait des pertes. Si le purgeur fonctionne à basse pression, une évacuation par gravité vers le récepteur de condensat doit être prévue.

De façon générale, l'emplacement du réservoir doit être choisi de manière à maximiser la quantité de vapeur de revaporisation et minimiser la longueur de la canalisation.

Les lignes de condensat, les lignes de vapeur à basse pression et le réservoir de revaporisation doivent être calorifugés afin d'éviter les pertes par rayonnement. L'utilisation d'un ajutage de pulvérisation sur le tuyau d'admission à l'intérieur du réservoir n'est pas recommandé. Il peut se boucher, bloquer l'arrivée de condensat et mettre les purgeurs en contre-pression.

Les équipements utilisant la vapeur de revaporisation doivent être purgés séparément et le condensat doit être évacué dans une ligne de retour à basse pression. De grands volumes d'air doivent être évacués du réservoir de revaporisation ; un évent thermostatique doit donc être installé pour éliminer l'air et l'empêcher de passer dans le système basse pression.

Figure CG-49-1. Récupération de la vapeur de revaporisation d'une batterie batterie aérotherme
La vapeur de revaporisation est prélevée dans le réservoir de revaporisation et mélangée à la vapeur vive dont la pression est réduite à l'aide d'un détendeur.



Dimensions du réservoir de revaporisation

Le réservoir de revaporisation se compose habituellement d'un tronçon de tube de grand diamètre, dont les fonds sont soudés ou boulonnés en place. Le réservoir doit être monté verticalement. La sortie vapeur doit se trouver en haut et la sortie condensat en bas. La connexion d'entrée condensat doit se trouver à 150 – 200 mm au-dessus de la sortie condensat.

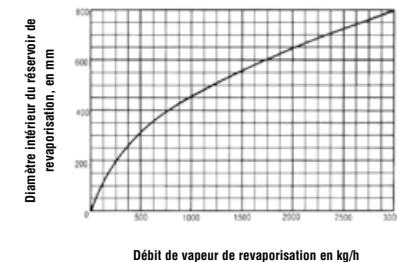
La dimension la plus importante est le diamètre intérieur. Ce diamètre doit être choisi de façon à minimiser la vitesse de la vapeur vers la sortie et réduire ainsi la quantité d'eau entraînée. Si la vitesse de vapeur est faible, la hauteur du réservoir a peu d'importance ; une hauteur de 700 – 1 000 mm est cependant conseillée.

Il a été constaté qu'une vitesse de vapeur de 3 m/s dans le réservoir permet une bonne séparation de la vapeur et de l'eau. Sur cette base, des diamètres appropriés ont été calculés pour différents débits de vapeur ; les résultats sont représentés sur le diagramme CG-49-1. La courbe indique le diamètre interne minimum recommandé. Le cas échéant, un réservoir de plus grande taille peut être utilisé.

Le diagramme CG-49-1 ne prend pas en compte la pression, mais seulement la masse. Bien que le volume de vapeur et la vitesse de montée soient plus faibles à pression plus élevée (la vapeur étant alors plus dense), ces conditions accroissent la tendance au primage. Quelle que soit la pression, il est dès lors recommandé de déterminer le diamètre intérieur à l'aide de la courbe CG-49-1. Pour plus d'informations sur les réservoirs de revaporisation Armstrong, reportez-vous à la page CRE-256.

Diagramme CG-49-1. Détermination du diamètre intérieur d'un réservoir de revaporisation traitant un débit donné de vapeur de revaporisation

Portez le débit de vapeur de revaporisation disponible (kg/h) sur l'échelle horizontale ; l'échelle verticale donne le diamètre en mm du point correspondant de la courbe.



Comment purger les machines frigorifiques à absorption

Une machine frigorifique à absorption refroidit de l'eau pour un système de climatisation ou un autre processus en évaporant une solution aqueuse, généralement à base de bromure de lithium. La vapeur apporte l'énergie nécessaire à la partie concentration du cycle et, à l'exception des pompes électrique, constitue la seule source d'énergie de l'ensemble du cycle thermodynamique.

Le purgeur installé sur une machine frigorifique à absorption doit évacuer d'importants débits de condensat et évacuer de l'air à basse pression, dans des conditions modulées.

Sélection du purgeur et coefficient de sécurité

Le débit de condensat en kg/h produit par une machine frigorifique à un étage à basse pression (1 barg ou moins) se calcule en divisant sa puissance nominale de réfrigération (kJ/h) par 2 100 (quantité de vapeur en kg/h requise pour produire une tonne de réfrigération). Cette valeur représente la consommation à la puissance nominale de la machine.

EXEMPLE : Quelle est la quantité de condensat produite par une machine à absorption à un étage d'une puissance nominale de 512 000 kJ/h ?

Pour obtenir le débit de condensat, divisez la puissance nominale de 512 000 kJ/h par 2 100, soit 1 200 kg/h.

Un coefficient de sécurité de 2 doit être appliqué au débit de condensat à pleine puissance et le purgeur doit être capable de purger ce débit à une pression différentielle de 0,1 bar. Pour la machine de l'exemple, le purgeur devrait évacuer 2 400 kg/h de condensat à 0,1 bar et pouvoir fonctionner à la pression différentielle maximale, habituellement de 1 bar.

Par comparaison, les machines à absorption à deux étages fonctionnent à une pression de vapeur plus élevée (10 barg). Par rapport aux machines à un étage, elles ont l'avantage de consommer moins d'énergie par kJ de réfrigération.

EXEMPLE : Quelle est la quantité de condensat produite par une machine à absorption à deux étages d'une puissance nominale de 1 675 000 kJ/h ?

Pour obtenir le débit de condensat, divisez la puissance nominale de 1 675 000 kJ/h par 4 200, soit 400 kg/h.

Pour les machines à deux étages le coefficient de sécurité est 3. La machine de l'exemple nécessite donc un purgeur de 1 200 kg/h. Aux pressions supérieures à 2 barg, le débit du purgeur doit être évacué à la moitié de la pression différentielle maximale, qui est de 5 bar dans notre exemple. Aux pressions inférieures à 2 barg, le débit du purgeur doit être évacué à une pression différentielle de 0,15 bar. Le purgeur doit cependant pouvoir fonctionner à la pression d'entrée maximale de 10 barg.

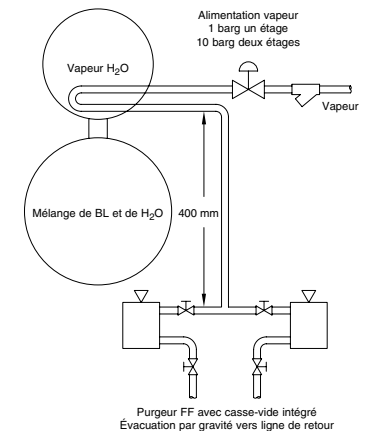
Le purgeur FF avec casse-vide intégré convient parfaitement aux machines à absorption à un ou deux étages. Il assure un débit uniforme et modulé et permet de conserver l'énergie. Un purgeur FIO avec évent thermostatique externe est également acceptable.

Installation

Montez le purgeur en dessous du serpentin à vapeur de la machine à absorption, avec une hauteur de pot de purge d'au moins 400 mm (fig. CG-50-1). Cette disposition assure une pression différentielle minimale de 0,1 barg entre l'entrée et la sortie du purgeur. Quel que soit le purgeur utilisé, un système d'évacuation redondant est recommandé pour ce type de service. En cas d'entretien ou de réparation sur un des systèmes d'évacuation, la machine à absorption peut continuer à fonctionner avec le second. La continuité du service est ainsi assurée sans interruption.

De très importants débits de condensat peuvent, dans certains cas, nécessiter deux purgeurs fonctionnant en parallèle pour évacuer le débit normal.

Figure CG-50-1. Schéma de canalisation généralement approuvé pour une machine à absorption avec système de purge redondant.



| Tableau CG-50-1. Tableau de recommandations (Pour la définition des lettres codes, voir page CG-9.) | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|------------------|
| Équipement à purger | 1er choix et lettres codes | Choix alternatif |
| Machine à absorption | FF A, B, G | *FIO |

Remarque : Le casse-vide et le système de réserve doivent être fournis.
* Avec évent thermostatique externe.

Sélection des purgeurs et coefficients de sécurité



Ce tableau présente les purgeurs recommandés pour différentes applications dans lesquelles leur efficacité est optimale. Les coefficients de sécurité conseillés garantissent un fonctionnement adéquat sous des conditions variables.

Pour des informations plus spécifiques sur les purgeurs recommandés, contactez votre représentant Armstrong.

| Tableau CG-51-1 | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Application | Premier choix | Deuxième choix | Coefficient de sécurité |
| Collecteur de chaudière (Vapeur surchauffée) | FIO LV | FF | 1.5:1 |
| | IBCV Renforcé | Membrane | Débit de démarrage |
| Lignes de vapeur principales et lignes de piquage (Hors gel) (Gel possible) | FIO (VR si la pression varie) | FF | 2:1, 3:1 si sur ou hors ligne principale en amont d'une vanne ou sur piquage |
| | FIO | Thermostatique ou à disque | Identique à ci-dessus |
| Séparateur de vapeur Qualité de vapeur 90% ou moins | FIO LV | DC | 3:1 |
| | DC | - | |
| Lignes de traçage | FIO | Thermostatique ou à disque | 2:1 |
| Unités à air pulsé ou traitement de l'air (Pression constante) (Pression variable 0 – 1 barg) (Pression variable 1 – 2 barg) (Pression variable > 2 barg) | FIO LV | FF | 3:1 |
| | FF | FIO LV | 2:1 à 0,1 bar de pression différentielle |
| | | | 2:1 à 0,2 bar de pression différentielle |
| Radiateurs à ailettes et batteries de serpents (Pression constante) (Pression variable) | FIO | Thermostatique | 3:1 pour réchauffement rapide 2:1 normalement |
| | FF | FIO | |
| Réchauffeurs d'air de process (Pression constante) (Pression variable) | FIO | FF | 2:1 |
| | FF | FIO LV | 3:1 à 1/2 pression différentielle max. |
| Machine frigorifique à absorption | FF | FIO avec événement ext. | 2:1 à 0,1 bar de pression différentielle |
| Echangeurs de chaleur tubulaires, à circuit embouti et serpentins (Pression constante) | FIO | DC ou FF | 2:1 |
| | (Pression variable) | FF | DC ou IBT (si > 2 barg FIO LV) |
| Evaporateurs à un étage et plusieurs étages | DC | FIO LV ou FF | 2:1, si 25 000 kg/h utiliser 3:1 |
| | Cuiseurs à double enveloppe (Purge par gravité) (Purge par siphon) | FIO LV | FF ou thermostatique |
| | DC | FIO LV | 3:1 |
| Séchoirs rotatifs | DC | FIO LV | 3:1 pour DC, 8 pour FIO à pression constante, 10 pour FIO à pression variable |
| Réservoirs de revaporisation | FIO LV | DC ou FF | 3:1 |

FIO LV = Purgeur à flotteur inversé ouvert avec événement agrandi
 IBCV = Purgeur à flotteur inversé ouvert avec clapet de retenue
 IBT = Purgeur inversé ouvert avec événement thermostatique
 FF = Purgeur à flotteur fermé et événement thermostatique
 DC = Contrôleur différentiel de condensat

Utilisez un purgeur FIO avec événement externe au-dessus des limitations FF en pression ou si la vapeur contient des impuretés. Tous les coefficients de sécurité correspondent à la pression différentielle de fonctionnement, sauf indication contraire.



Sélection des brides pour le Purgeurs de vapeur et de liquides en acier inoxydable – Liste des PMA, TMA and Delta PMX

Les pressions et températures de service peuvent être réduites en fonction de la classe des brides sélectionnées.

| Tableau CG-52-1. PMA-TMA | | | | | | |
|--------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------------|---------------|---------------|
| | --10 / --11 | --22 | 1013 | 11AV/LD 180/181LD | 22AV/LD | 13AV/LD |
| SW, NPT and BSPT | 28 bar @ 427°C | 45 bar @ 315°C | 31 bar @ 427°C | 34 bar @ 38°C | 41 bar @ 38°C | 39 bar @ 38°C |
| 150SS | 11 bar @ 200°C | 11 bar @ 200°C | 11 bar @ 200°C | 16 bar @ 38°C | 16 bar @ 38°C | 16 bar @ 38°C |
| 150CS | 14 bar @ 200°C | 14 bar @ 200°C | 14 bar @ 200°C | 20 bar @ 38°C | 20 bar @ 38°C | 20 bar @ 38°C |
| PN40SS | 26 bar @ 250°C | 26 bar @ 250°C | 26 bar @ 250°C | 34 bar @ 38°C | 40 bar @ 38°C | 39 bar @ 38°C |
| PN40CS | 28 bar @ 290°C | 30 bar @ 250°C | 30 bar @ 250°C | 34 bar @ 38°C | 40 bar @ 38°C | 39 bar @ 38°C |
| 300SS | 28 bar @ 225°C | 28 bar @ 225°C | 28 bar @ 225°C | 34 bar @ 38°C | 41 bar @ 38°C | 39 bar @ 38°C |
| 300CS | 28 bar @ 427°C | 42 bar @ 250°C | 31 bar @ 410°C | 34 bar @ 38°C | 41 bar @ 38°C | 39 bar @ 38°C |
| 600SS | 28 bar @ 427°C | 45 bar @ 315°C | 31 bar @ 427°C | 34 bar @ 38°C | 41 bar @ 38°C | 39 bar @ 38°C |
| 600CS | 28 bar @ 427°C | 45 bar @ 315°C | 31 bar @ 427°C | 34 bar @ 38°C | 41 bar @ 38°C | 39 bar @ 38°C |
| PN63SS | 28 bar @ 427°C | 40 bar @ 250°C | 31 bar @ 427°C | 34 bar @ 38°C | 41 bar @ 38°C | 39 bar @ 38°C |
| PN63CS | 28 bar @ 400°C | 41 bar @ 315°C | 31 bar @ 400°C | 34 bar @ 38°C | 41 bar @ 38°C | 39 bar @ 38°C |

| Tableau CG-52-2. ΔPMX | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|------------|
| 1010 | | 1011 | | 1022 | | 1810 | | 1811 | | 1822 | | 1013 | |
| Orifice | ΔPMX (bar) | Orifice | ΔPMX (bar) | Orifice | ΔPMX (bar) | Orifice | ΔPMX (bar) | Orifice | ΔPMX (bar) | Orifice | ΔPMX (bar) | Orifice | ΔPMX (bar) |
| 3/16 | 1,4 | 1/4 | 1 | 5/16 | 1 | 3/16 | 1,8 | 1/4 | 1 | 1/4 | 2,8 | 1/2 | 1 |
| 1/8 | 5,5 | 3/16 | 2 | 1/4 | 2 | 5/32 | 3,5 | 3/16 | 2 | 3/16 | 5,5 | 3/8 | 2 |
| 7/64 | 8,5 | 5/32 | 5 | 3/16 | 5 | 1/8 | 8 | 5/32 | 5 | 5/32 | 8,5 | 5/16 | 4 |
| #38 | 11 | 1/8 | 8,5 | 5/32 | 8,5 | 7/64 | 10,5 | 1/8 | 8,5 | 1/8 | 17 | 9/32 | 5,5 |
| - | - | 7/64 | 14 | 1/8 | 14 | #38 | 14 | 7/64 | 14 | 7/64 | 21 | 1/4 | 8,5 |
| - | - | #38 | 17 | 7/64 | 21 | - | - | #38 | 17 | #38 | 45 | 7/32 | 12,5 |
| - | - | 5/64 | 28 | #38 | 45 | - | - | 5/64 | 28 | - | - | 3/16 | 17 |
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 5/32 | 31 |

Avant installation

Montez la canalisation jusqu'au purgeur. Avant de monter le purgeur, nettoyez la canalisation à la vapeur ou à l'air comprimé. (Après ce nettoyage, nettoyez le tamis de tous les filtres.)

Règles de positionnement des purgeurs

Accessible pour la maintenance et la réparation.

Au-dessous du point de purge, dans la mesure du possible.

A proximité du point de purge.

Raccordement des purgeurs. Pour les raccordements types, voir les figures CG-54-1 (ci-dessous) à CG-57-3, pages CG-56 à CG-57.

Vannes d'arrêt. À monter en amont des purgeurs lorsque leur entretien n'est pas possible sans arrêter le système (conduites principales de vapeur, chauffe-eau de grande taille, etc.). Ces vannes ne sont pas nécessaires dans le cas de petites machines à vapeur, par exemple une calandre de blanchisserie. Dans ce cas, une vanne d'arrêt sur l'alimentation en vapeur de la machine est suffisante.

Vannes d'arrêt. Nécessaires sur la conduite d'évacuation en cas de by-pass du purgeur. Conseillées également si le collecteur d'évacuation est à haute pression. Voir aussi la section « Clapets de retenue ».

Lignes de by-pass (fig. CG-55-3 et CG-55-4). Ne sont pas recommandées, car elles annulent la fonction du purgeur lorsqu'elles restent ouvertes. Si un service continu est absolument requis, montez deux purgeurs en parallèle, l'un en fonction et l'autre en réserve.

Raccords de type union. Dans le cas d'un seul raccord, montez-le du côté de l'évacuation du purgeur. Dans le cas de deux raccords, évitez de les monter sur la même ligne horizontale ou verticale. La meilleure méthode consiste à les installer à angle droit (fig. CG-56-1 et fig. CG-55-3) ou en parallèle (fig. CG-55-4).

Connexions standard. Pour simplifier l'entretien, utilisez des mamelons de longueur identique sur l'entrée et la sortie des purgeurs de même taille et de même type. Un purgeur avec des connexions identiques et des demi-raccords union peut être stocké en magasin. Lorsqu'un purgeur nécessite une réparation, il est alors plus pratique de séparer les deux unions, d'enlever le purgeur, de le remplacer par celui de réserve, puis de resserrer les raccords. Une fois la réparation terminée en atelier, le purgeur réparé muni de ses accessoires de raccordement peut être remis en stock.

Vannes de test (fig. CG-54-1). Permettent de tester facilement le fonctionnement des purgeurs. Utilisez de petits robinets. Prévoyez un clapet de retenue ou une vanne d'arrêt dans la ligne d'évacuation pour isoler le purgeur pendant l'essai.

Figure CG-54-1. Raccordement type d'un purgeur FIO

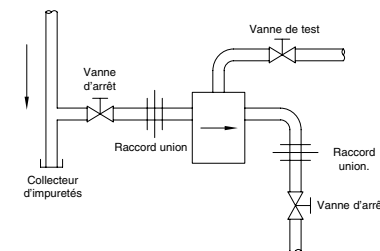
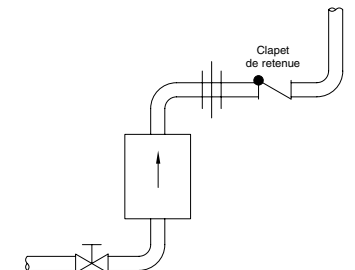


Figure CG-54-2. Raccordement type d'un purgeur FIO avec entrée en bas et sortie en haut



Filtres. Lorsque des filtres sont spécifiés ou lorsque la présence d'impuretés l'impose, installez les filtres en amont des purgeurs. Certains types de purgeurs sont plus sensibles que d'autres au problème d'encrassement (voir tableau de recommandations, page CG-9).

Un filtre est donc intégré à certains purgeurs. Lorsqu'un filtre est équipé d'un robinet de purge, fermez la vanne d'alimentation en vapeur avant d'ouvrir le robinet. Le condensat présent dans le corps du purgeur se vaporise alors à travers le tamis du filtre et celui-ci est nettoyé en profondeur. Ouvrez ensuite lentement la vanne d'arrivée de vapeur.

Les collecteurs d'impuretés sont un excellent moyen pour arrêter le calcaire et le sable ; ils permettent d'éliminer l'érosion qui peut se produire dans les coudes. Nettoyez-les régulièrement.

L'installation d'un siphon nécessite un joint hydraulique ; de plus, un clapet de retenue doit être intégré au purgeur ou placé en amont, sauf dans le cas d'un purgeur DC. La canalisation du siphon doit avoir une dimension inférieure au diamètre nominal du purgeur, sans être inférieure à DN15.

Figure CG-55-1. Raccordement type d'un purgeur FIO avec entrée en bas et sortie latérale

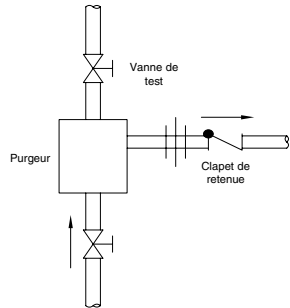
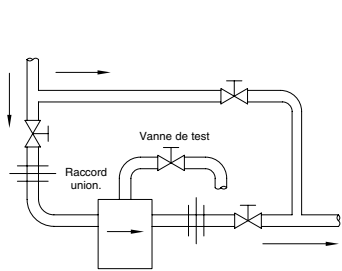


Figure CG-55-3. Raccordement type d'un by-pass de purgeur FIO



Élévation du condensat. Ne surdimensionnez pas la colonne montante. On obtient un résultat optimal avec un diamètre inférieur à celui qui convient normalement.

Des clapets de retenue sont nécessaires la plupart du temps. Ils sont indispensables lorsqu'aucune vanne d'arrêt n'est prévue dans la conduite d'évacuation. La figure CG-55-2 montre trois emplacements possibles de clapet externe. (Les purgeurs FIO Armstrong sont équipés d'un clapet interne, les purgeurs à disque fonctionnent eux-mêmes comme un clapet.) Les emplacements recommandés sont indiqués en fig. CG-55-2.

Sur la conduite d'évacuation, le clapet empêche le reflux et isole le purgeur lorsque la vanne de test est ouverte. Ce clapet est normalement installé en B, fig. CG-55-2. Si la ligne de retour est élevée et que le purgeur est exposé au gel, installez également un clapet en A.

Sur la ligne d'admission, le clapet assure l'étanchéité en cas de brusque chute de pression ou si le purgeur est situé au-dessus du point bas dans le cas d'un purgeur FIO. Le clapet Armstrong en acier inoxydable est recommandé dans le corps du purgeur en D, fig. CG-55-2. Si vous installez un clapet à battant, placez-le en C.

Figure CG-55-2. Emplacements possibles des clapets de retenue

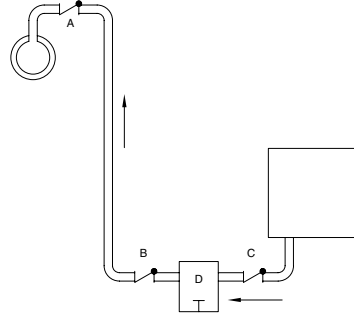
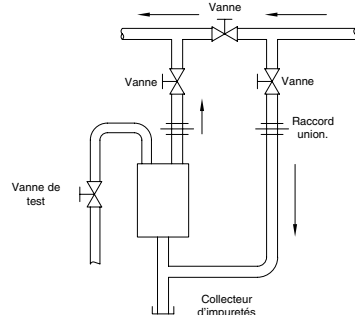


Figure CG-55-4. Raccordement type d'un by-pass avec entrée en bas et sortie en haut



Un purgeur de sécurité doit être installé dans tous les cas où la pression d'entrée d'un purgeur principal est susceptible d'être inférieure à sa pression de sortie, en particulier en cas de gel. Ce sera le cas, par exemple, d'un serpentin de chauffage à pression modulée dont l'évacuation du condensat s'effectue dans une ligne de retour élevée. Dans cette application, si le débit de purge du purgeur principal est insuffisant, le condensat s'élève dans le purgeur de sécurité et est évacué avant d'arriver dans l'échangeur. Les purgeurs FF sont de bons purgeurs de sécurité grâce à leur simplicité de fonctionnement et à leur aptitude à évacuer de grandes quantités d'air. Les purgeurs de sécurité doivent avoir la même taille (et le même débit) que le purgeur principal.

La fig. CG-56-1 représente l'utilisation correcte d'un purgeur de sécurité. L'entrée du purgeur de sécurité doit se trouver sur le pot de purge de l'échangeur, au-dessus de l'entrée du purgeur principal. Il doit évacuer le condensat vers un égout ouvert. La vidange du purgeur de sécurité doit être raccordée à l'entrée du purgeur principal. Lorsque le purgeur principal est en fonctionnement, cette connexion permet d'éviter la perte du condensat formé dans le purgeur de sécurité, dont le corps se refroidit par rayonnement. Le purgeur de sécurité est équipé d'un casse-vide intégré pour le maintenir en fonctionnement lorsque la pression dans l'échangeur devient inférieure à la pression atmosphérique. L'entrée du casse-vide doit comporter un col de cygne pour éviter que des impuretés soient aspirées en fonctionnement. Une colonne montante atteignant le niveau inférieur de l'échangeur doit être prévue à l'entrée du casse-vide ; celle colonne empêche la fuite d'eau lorsque le casse-vide fonctionne et que le pot de purge et le corps du purgeur sont remplis de condensat.

Protection contre le gel

Un purgeur convenablement sélectionné et installé ne peut geler tant que la vapeur arrive dans le purgeur en question. Lorsque l'admission de vapeur est coupée, la condensation de la vapeur présente dans l'échangeur ou la ligne de traçage engendre une dépression. Celle-ci empêche le condensat de s'évacuer librement avant la formation de gel. Un casse-vide doit dès lors être installé entre l'équipement purgé et le purgeur. Si le condensat du purgeur ne s'évacue pas par gravité vers la conduite de retour, le purgeur et la conduite de retour doivent être purgés manuellement ou automatiquement par un purgeur de protection contre le gel. Lorsque plusieurs purgeurs sont installés dans un poste de purge, la protection contre le gel peut être assurée par une isolation thermique.

Précautions contre le gel.

1. Ne surdimensionnez pas les purgeurs.
2. Utilisez des conduites d'évacuation de condensat aussi courtes que possible.
3. Prévoyez une pente suffisante pour une évacuation rapide par gravité.
4. Calorifiez les conduites d'évacuation et les lignes de retour de condensat.
5. Aux endroits où les lignes de retour sont exposées aux conditions extérieures, des lignes de traçage vapeur doivent être envisagées.
6. Si la ligne de retour est surélevée, placez la canalisation d'évacuation verticalement le long de la canalisation de purge, vers le collecteur de retour, et calorifiez les deux canalisations ensemble. Voir fig. CG-56-2.

REMARQUE : Une longue conduite d'évacuation horizontale peut créer des problèmes. De la glace peut se former à son extrémité et l'obstruer complètement. Dans ce cas, le purgeur ne peut plus fonctionner : la vapeur n'entre plus et l'eau contenue dans le corps gèle.

Figure CG-56-1. Raccordement type d'un purgeur de sécurité

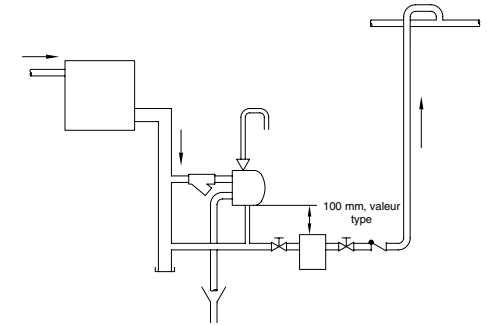
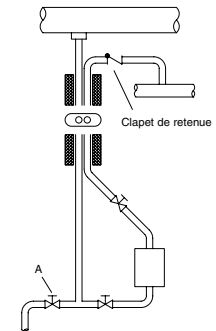
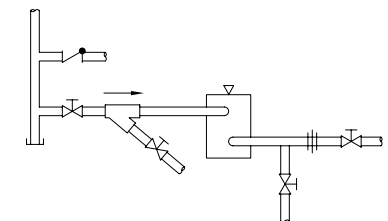


Figure CG-56-2.



Installation à l'extérieur pour permettre le test et l'entretien des purgeurs au niveau du sol, lorsque les conduites d'alimentation vapeur et de retour sont surélevées. Les conduites de purge et d'évacuation du condensat sont isolées sous le même calorifuge pour prévenir le gel. On remarquera l'emplacement du clapet de retenue dans la conduite d'évacuation et le robinet A, qui purge la conduite principale de vapeur lorsque le purgeur est en cours de nettoyage ou d'entretien.

Figure CG-56-3. Raccordement type d'un purgeur FF



Test des purgeurs Armstrong

Programme de test.

Afin d'économiser la vapeur et de prolonger la durée de vie des purgeurs, un programme de tests et d'entretiens périodiques doit être mis en place. La fréquence de vérification des purgeurs dépend de leur taille, de leur pression de fonctionnement et de leur importance dans le système.

Table CG-57-1. Fréquence annuelle de test conseillée

| Pression de fonctionnement (barg) | Application | | | |
|-----------------------------------|-------------|---------|-----------|---------|
| | Purge | Traçage | Échangeur | Process |
| 0 - 7 | 1 | 1 | 2 | 3 |
| 7 - 17 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 17 - 30 | 2 | 2 | 3 | 4 |
| 30 et supérieure | 3 | 3 | 4 | 12 |

Procédure d'essai

La méthode de la vanne de test est la meilleure. La figure CG-54-1 (page CG-54) indique le raccordement approprié, avec une vanne d'arrêt dans la ligne de retour afin d'isoler le purgeur du collecteur de retour. Voici les points à examiner lorsque la vanne de test est ouverte :

- Évacuation de condensat** – Les purgeurs FIO et à disque doivent évacuer le condensat par intermittence. Les purgeurs FF doivent évacuer le condensat en continu ; les purgeurs thermostatiques doivent évacuer le condensat soit en continu, soit par intermittence, en fonction du débit. En cas de débit extrêmement faible, les purgeurs FIO évacuent le condensat en continu, ce qui provoque un effet d'égouttement. Dans les conditions de débit décrites, ce mode de fonctionnement est normal.
- Vapeur de revaporisation** – Ne confondez pas cette vapeur avec une fuite de vapeur par le clapet du purgeur. Le condensat sous pression contient plus de chaleur en kJ/kg que du condensat à la pression atmosphérique. Cette chaleur supplémentaire revaporise donc une partie du condensat lors de son évacuation. Pour une explication de la vapeur de revaporisation, reportez-vous à la section *Qu'est-ce que la vapeur de revaporisation*, page CG-11. Certains utilisateurs confondent parfois la vapeur de revaporisation et la vapeur de fuite. Voici comment les distinguer : si la vapeur s'échappe continuellement sous forme de vapeur « bleue », il s'agit d'une fuite. Si de la vapeur « flottante » se manifeste par intermittence (chaque fois qu'un purgeur fonctionne) sous la forme d'un nuage blanchâtre, il s'agit de vapeur de revaporisation.
- Échappement continu de vapeur** – Problème. Reportez-vous à la page CG-58.
- Pas d'écoulement** – Problème possible. Reportez-vous à la page CG-58.

Test au stéthoscope. Utilisez un stéthoscope de mécanicien ou une tige métallique en appuyant une extrémité sur le purgeur et l'autre contre l'oreille. Vous devez pouvoir distinguer la différence entre le fonctionnement intermittent de certains purgeurs et le fonctionnement continu d'autres purgeurs. Le bruit de ce fonctionnement normal est différent du son produit par de la vapeur s'échappant à grande vitesse. Cette méthode de test exige une grande expérience, car d'autres bruits se propagent le long des conduites.

Méthode du pyromètre. Cette méthode peut conduire à des résultats imprécis, selon le dessin des conduites de retour et du diamètre d'orifice du purgeur. De plus, lorsque le condensat

est évacué dans une conduite de retour commune, une haute température à la sortie du purgeur testé peut être due à un autre purgeur en cours de fonctionnement. Les meilleurs résultats sont obtenus avec un stéthoscope. Demandez le Bulletin 310 d'Armstrong.

Figure CG-57-1. Raccordement type d'un purgeur DC

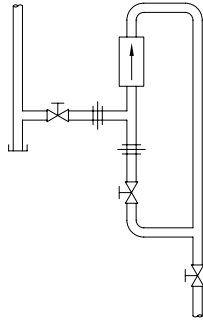


Figure CG-57-2. Raccordement type d'un purgeur à disque

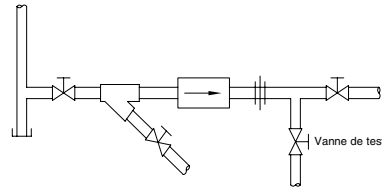
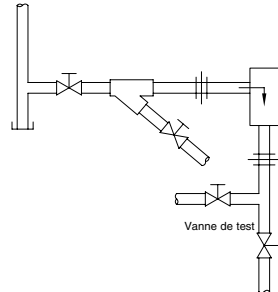


Figure CG-57-3. Raccordement type d'un purgeur thermostatique



On se reportera utilement au résumé ci-dessous pour localiser et corriger pratiquement tous les problèmes de purgeur. Les problèmes rencontrés sont la plupart du temps des problèmes de système et non des problèmes de purgeur proprement dit.

Une documentation plus détaillée sur le dépannage de produits et d'applications spécifiques peut être obtenue sur demande.

Lorsqu'un purgeur ne fonctionne pas convenablement et que la cause de la panne n'est pas immédiatement apparente, commencez par examiner l'évacuation du condensat. Si une sortie de test est installée sur le purgeur, cette vérification est très simple ; dans le cas contraire, vous devrez démonter la connexion d'évacuation.

Purgeur froid – Pas d'évacuation

Si le purgeur n'évacue pas de condensat :

- La pression est peut-être trop élevée.
 - La pression spécifiée à l'origine est erronée.
 - La pression a été augmentée sans réduction d'orifice.
 - Le détendeur est en panne.
 - Le manomètre installé sur la chaudière indique une pression trop basse.
 - L'orifice s'est agrandi par usure normale.
 - Une dépression importante dans la ligne de retour augmente la pression différentielle au-delà de la limite de fonctionnement du purgeur.
- Pas d'arrivée de condensat ou de vapeur au purgeur.
 - Un filtre en amont du purgeur est obstrué.
 - Vanne cassée dans la conduite à purger.
 - Canalisation ou coude bouché.
- Mécanisme usé ou défectueux. Réparez ou remplacez si nécessaire.
- Corps du purgeur rempli d'impuretés. Installez un filtre ou supprimez la source des impuretés.
- Dans le cas d'un purgeur FIO, l'évent du flotteur est obstrué par des particules. Solution préventive :
 - Installer un filtre.
 - Agrandir l'orifice de l'évent.
 - Nettoyer l'évent à l'aide d'un fil.
- Dans le cas des purgeurs FF : si l'évent ne fonctionne pas convenablement, le purgeur est peut-être bloqué.
- Dans les purgeurs thermostatiques, une rupture de soufflet causé par un coup de bélier peut empêcher le purgeur de se fermer.
- Dans le cas d'un purgeur à disque, le disque est peut-être monté à l'envers.

Purgeur chaud – Pas d'évacuation

- Le condensat n'arrive pas au purgeur.
 - Le purgeur est installé au-dessus d'une vanne de by-pass avec fuite.
 - Dans le cas d'un cylindre purgé par siphon, le tube du siphon est peut-être abîmé ou cassé.
 - Une dépression (vide) dans le serpentin d'un chauffe-eau peut empêcher la purge. Installez alors un casse-vide entre le chauffe-eau et le purgeur.

Perte de vapeur

Si le purgeur laisse s'échapper de la vapeur vive, la cause du problème peut être l'une des suivantes :

- Une soupape fermant mal.
 - Une particule de calcaire bloquée dans l'orifice.
 - Pièces usées.
- Un purgeur FIO peut perdre sa réserve de condensat.
 - Si de la vapeur vive s'échappe du purgeur, fermez la vanne d'admission pendant quelques minutes. Ouvrez-la ensuite progressivement. Si le purgeur se remplit à nouveau, le purgeur est en bon état.
 - La perte de la réserve de condensat peut être due à une chute de pression vapeur brusque ou fréquente. Dans de tels cas, l'installation d'un clapet de retenue s'impose – position D ou C en fig. CG-55-2 (page CG-55). Dans la mesure du possible, placez le purgeur largement en dessous du point bas.
- Dans un purgeur FF ou thermostatique, il se peut que l'élément thermostatique ne se ferme pas.

Débit continu

Si un purgeur FIO fonctionne en continu ou si un purgeur FF ou thermostatique fonctionne à plein débit, vérifiez les points suivants :

- Le purgeur est sous-dimensionné.
 - Un purgeur de plus grande taille ou des purgeurs supplémentaires doivent être installés en parallèle.
 - Un purgeur à haute pression a été utilisé pour un service à basse pression. Installez un mécanisme interne de taille correcte.
- Conditions anormales de l'eau d'alimentation. De la mousse peut se former dans la chaudière ; de grandes quantités d'eau sont alors projetées dans les conduites de vapeur. Un séparateur doit être installé ou la qualité de l'eau d'alimentation doit être améliorée.

Chauffage très lent

Si les purgeurs fonctionnent normalement et que l'unité de chauffage ne fournit pas sa puissance :

- Une ou plusieurs unités peuvent être en court-circuit. Pour y remédier, installez un purgeur sur chaque unité. Voir page CG-22.
- Les purgeurs installés peuvent être sous-dimensionnés, même s'ils semblent évacuer le condensat efficacement. Essayez une taille de purgeur supérieure.
- Le purgeur n'est pas capable d'évacuer suffisamment d'air, ou l'air n'atteint pas le purgeur. Dans les deux cas, utilisez des événements auxiliaires.

Problème mystérieux

Si le purgeur fonctionne convenablement avec une évacuation à l'air libre et qu'il pose problème une fois raccordé à la conduite de retour, vérifiez les points suivants :

- Une contre-pression réduit peut-être le débit de condensat du purgeur.
 - Le diamètre de la conduite de retour est trop faible (purgeur chaud).
 - D'autres purgeurs peuvent laisser s'échapper de la vapeur (purgeur chaud).
 - L'évent vers l'atmosphère du récepteur de condensat peut être obstrué (purgeur chaud ou froid).
 - Obstruction de la ligne de retour (purgeur chaud).
 - Dépression excessive (vide) dans la ligne de retour (purgeur chaud).

Problèmes imaginaires

Si de la vapeur semble s'échapper chaque fois que le purgeur fonctionne, gardez à l'esprit que le condensat chaud libère de la vapeur de revaporisation lorsqu'il est évacué à une pression plus faible ; cette vapeur se condense toutefois rapidement dans la ligne de retour. Voir le diagramme CG-11-1 à la page CG-11.

Dimensionnement des conduites de vapeur et des canalisations de retour du condensat



Définitions

Les conduites principales de vapeur amènent la vapeur de la chaudière aux endroits où plusieurs unités à vapeur sont installées.

Les lignes de piquage alimentent les unités à vapeur à partir de la conduite principale.

Les conduites d'évacuation amènent le condensat et la vapeur de revaporisation des purgeurs dans une conduite de retour.

Les conduites de retour reçoivent le condensat de plusieurs conduites d'évacuation pour le ramener dans la chaudière.

Dimensionnement des conduites

Dans un système à vapeur, le dimensionnement des conduites est déterminé par deux facteurs :

1. La pression initiale de vapeur dans la chaudière et la chute de pression admissible dans tout le système. La chute de pression totale dans le système ne doit pas dépasser 20% de la pression maximale de chaudière. Cette chute de pression comprend toutes les pertes de charge des canalisations, des coudes, des vannes etc. Garder à l'esprit que les chutes de pression correspondent à une perte d'énergie.

2. La vitesse de la vapeur. L'érosion et le bruit augmentent en fonction de la vitesse. Les vitesses utilisées dans les processus vont de 30 à 60 m/s ; dans les systèmes de chauffage à plus faible pression, les vitesses sont également inférieures. L'extension future d'un système doit également être considérée. Le dimensionnement des conduites doit tenir compte des extensions prévues. Même en cas de doute, le surdimensionnement pose moins de problèmes qu'un sous-dimensionnement.

EXEMPLE : Quel est le débit maximal d'une conduite de 50 mm de diamètre véhiculant de la vapeur à 4 bar ? Dans le tableau CG-60-1, parcourez la colonne de gauche « Pression de vapeur en bar(a) » jusqu'à la valeur 4, puis déplacez-vous vers la droite jusqu'à la colonne correspondant au diamètre 50 mm ; vous y trouvez la valeur de 505 kg/h, qui est le débit maximal de la conduite.

| Diamètre de conduite | Pression de vapeur en barg | | | |
|----------------------|----------------------------|----|----|-----|
| | 1 | 12 | 25 | 100 |
| Pouces | mm | | | |
| 1/2" | 15 | 17 | 33 | 37 |
| 2" | 50 | 19 | 38 | 44 |
| 4" | 100 | 21 | 41 | 47 |
| 6" | 150 | 22 | 44 | 50 |

Pour connaître le débit maximal de vapeur surchauffée, multipliez cette valeur par le facteur de correction du tableau CG-59-3.

| Température de vapeur | Diamètre 32 | | | | | | |
|-----------------------|--------------|------|------|------|------|------|------|
| | 250° | 300° | 350° | 400° | 450° | 500° | |
| Pression (barg) | 1 | 1,06 | 1,02 | 1,04 | 1,04 | 1,05 | 1,06 |
| | 3 | 1,11 | 1,17 | 1,17 | 1,17 | 1,17 | 1,15 |
| | 8 | 1,20 | 1,14 | 1,09 | 1,06 | 1,06 | 1,06 |
| | 12 | 1,20 | 1,14 | 1,09 | 1,06 | 1,06 | 1,04 |
| | 20 | 1,27 | 1,19 | 1,11 | 1,06 | 1,06 | 1,03 |
| | 40 | - | 1,30 | 1,17 | 1,10 | 1,04 | 1,00 |
| | 100 | - | - | 1,52 | 1,17 | 1,06 | 0,98 |
| Température de vapeur | Diamètre 100 | | | | | | |
| | 250° | 300° | 350° | 400° | 450° | 500° | |
| Pression (barg) | 1 | 1,10 | 1,08 | 1,12 | 1,13 | 1,13 | 1,15 |
| | 3 | 1,30 | 1,08 | 1,00 | 1,11 | 1,30 | 1,30 |
| | 8 | 1,15 | 1,09 | 1,08 | 1,10 | 1,09 | 1,10 |
| | 12 | 1,18 | 1,15 | 1,09 | 1,09 | 1,10 | 1,09 |
| | 20 | 1,28 | 1,19 | 1,11 | 1,09 | 1,09 | 1,08 |
| | 40 | - | 1,25 | 1,14 | 1,11 | 1,05 | 1,02 |
| | 100 | - | - | 1,47 | 1,14 | 1,06 | 0,97 |
| Température de vapeur | Diamètre 200 | | | | | | |
| | 250° | 300° | 350° | 400° | 450° | 510° | |
| Pression (barg) | 1 | 1,18 | 1,19 | 1,20 | 1,20 | 1,19 | 1,30 |
| | 3 | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 1,17 | 1,16 | 1,16 |
| | 8 | 1,26 | 1,23 | 1,18 | 1,14 | 1,12 | 1,12 |
| | 12 | 1,28 | 1,23 | 1,16 | 1,11 | 1,10 | 1,09 |
| | 20 | 1,29 | 1,21 | 1,13 | 1,04 | 1,06 | 1,05 |
| | 40 | - | 1,23 | 1,13 | 1,06 | 1,00 | 1,00 |
| | 100 | - | - | 1,40 | 1,01 | 0,98 | 0,95 |

| Diamètre de raccord (pouces) | Diamètre de raccord DN | Diamètre extérieur en mm | Épaisseur de paroi | Diamètre intérieur en mm |
|------------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------|--------------------------|
| 1/2" | 15 | 21,3 | 2,0 | 17,3 |
| 3/4" | 20 | 26,9 | 2,3 | 22,3 |
| 1" | 25 | 33,7 | 2,6 | 28,5 |
| 1 1/4" | 32 | 42,4 | 2,6 | 37,2 |
| 1 1/2" | 40 | 48,3 | 2,6 | 43,1 |
| 2" | 50 | 60,3 | 2,9 | 54,8 |
| 2 1/2" | 65 | 76,1 | 2,9 | 70,3 |
| 3" | 80 | 88,9 | 3,2 | 82,5 |
| 4" | 100 | 114,3 | 3,6 | 107,1 |
| 5" | 125 | 139,7 | 4,0 | 131,7 |
| 6" | 150 | 168,3 | 4,5 | 159,3 |
| 8" | 200 | 219,1 | 5,9 | 207,3 |
| 10" | 250 | 273,0 | 6,3 | 260,4 |



Dimensionnement des conduites de vapeur et des canalisations de retour du condensat

Vous pouvez également utiliser le tableau CG-60-1 pour déterminer la pression nécessaire à l'évacuation d'un débit connu de vapeur. Quelle est la pression permettant d'évacuer un débit de 4 100 kg/h de vapeur dans une conduite de 80 mm de diamètre ? Dans la colonne correspondant à DN 80, déplacez-vous jusqu'à la valeur 4 100, puis lisez la pression correspondante dans la colonne de gauche (16 barg).

Pour une détermination rapide de la vitesse de vapeur, reportez-vous au tableau CG-59-2. Vous pouvez calculer la valeur exacte de la vitesse à l'aide de la formule suivante :

$$V = \frac{Q}{3\,600 \times S}$$

Où :

V = Vitesse en m/sec

Q = Débit de vapeur en m³/h

S = Surface intérieure du tube en m² (voir tableau CG-59-1). Le cas échéant, le tableau CG-61-1 vous permet de trouver la perte de charge dans une conduite de vapeur.

EXEMPLE : Déterminez la perte de charge dans une conduite rectiligne DN 80 de 150 m de longueur, pour un débit de 2 000 kg/h et une pression de vapeur de 6 barg. Quelle est la pression en bout de conduite ?

Supposons une pression moyenne de 5,5 barg dans la conduite. Dans les tableaux, nous trouvons une perte de charge de 38 mm de colonne d'eau par mètre, soit 150 x 38 = 5 700 mm CE 0,57 bar. La pression en bout de conduite sera de 6 - 0,57 = 5,43 barg.

Conduites d'évacuation de condensat

Ces conduites d'évacuation sont généralement courtes. En supposant que le purgeur est convenablement dimensionné, la conduite d'évacuation doit être de même taille que les connexions au purgeur. Pour des pressions différentielles très faibles entre le purgeur et le retour de condensat, la conduite d'évacuation peut avoir une taille supérieure.

Table CG-60-1. Débit en kg/h des conduites de vapeur (vitesse 30 m/s)

| Pression de vapeur en bar(a) | DIAMÈTRE DE CONDUITE | | | | | | | | | | |
|------------------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| | 15 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 65 | 80 | 100 | 125 | 150 |
| 1,1 | 14 | 24 | 39 | 67 | 92 | 150 | 215 | 330 | 575 | 900 | 1 300 |
| 1,3 | 16 | 28 | 45 | 79 | 105 | 175 | 250 | 390 | 670 | 1 050 | 1 520 |
| 1,5 | 18 | 32 | 52 | 90 | 125 | 200 | 290 | 445 | 765 | 1 205 | 1 735 |
| 2 | 24 | 42 | 68 | 120 | 160 | 265 | 375 | 580 | 1 000 | 1 575 | 2 275 |
| 3 | 35 | 62 | 99 | 170 | 235 | 385 | 550 | 850 | 1 465 | 2 300 | 3 325 |
| 4 | 46 | 81 | 130 | 225 | 310 | 505 | 720 | 1 115 | 1 920 | 3 015 | 4 355 |
| 5 | 56 | 99 | 160 | 280 | 380 | 625 | 890 | 1 375 | 2 365 | 3 720 | 5 375 |
| 6 | 67 | 120 | 190 | 330 | 450 | 740 | 1 055 | 1 630 | 2 810 | 4 420 | 6 385 |
| 8 | 88 | 155 | 250 | 435 | 590 | 970 | 1 385 | 2 145 | 3 690 | 5 800 | 8 380 |
| 9 | 98 | 175 | 280 | 485 | 660 | 1 090 | 1 550 | 2 400 | 4 130 | 6 490 | 9 375 |
| 10 | 110 | 190 | 310 | 535 | 730 | 1 200 | 1 715 | 2 650 | 4 565 | 7 175 | 10 360 |
| 12 | 130 | 230 | 370 | 640 | 870 | 1 430 | 2 040 | 3 155 | 5 435 | 8 540 | 12 340 |
| 14 | 150 | 265 | 430 | 740 | 1 010 | 1 660 | 2 370 | 3 660 | 6 305 | 9 910 | 14 310 |
| 16 | 170 | 300 | 490 | 845 | 1 150 | 1 890 | 2 695 | 4 165 | 7 170 | 11 270 | 16 280 |
| 18 | 190 | 340 | 545 | 945 | 1 290 | 2 120 | 3 020 | 4 670 | 8 040 | 12 640 | 18 260 |
| 20 | 210 | 375 | 605 | 1 050 | 1 430 | 2 345 | 3 350 | 5 175 | 8 915 | 14 010 | 20 240 |
| 22 | 230 | 410 | 665 | 1 150 | 1 570 | 2 575 | 3 675 | 5 680 | 9 785 | 15 380 | 22 220 |
| 26 | 275 | 485 | 785 | 1 360 | 1 850 | 3 040 | 4 335 | 6 700 | 11 540 | 18 140 | 26 200 |
| 30 | 315 | 560 | 905 | 1 565 | 2 135 | 3 505 | 5 000 | 7 730 | 13 310 | 20 920 | 30 220 |
| 40 | 425 | 750 | 1 210 | 2 100 | 2 860 | 4 695 | 6 700 | 10 350 | 17 830 | 28 020 | 40 480 |
| 50 | 535 | 945 | 1 525 | 2 645 | 3 605 | 5 925 | 8 450 | 13 060 | 22 500 | 35 360 | 51 070 |
| 60 | 650 | 1 150 | 1 855 | 3 220 | 4 385 | 7 200 | 10 270 | 15 880 | 27 340 | 42 970 | 62 080 |
| 70 | 770 | 1 360 | 2 200 | 3 815 | 5 195 | 8 535 | 12 180 | 18 820 | 32 410 | 50 940 | 73 580 |
| 80 | 895 | 1 585 | 2 560 | 4 435 | 6 040 | 9 930 | 14 160 | 21 890 | 37 700 | 59 250 | 85 580 |
| 90 | 1 030 | 1 820 | 2 935 | 5 090 | 6 935 | 11 400 | 16 260 | 25 120 | 43 270 | 68 000 | 98 230 |
| 100 | 1 170 | 2 065 | 3 335 | 5 785 | 7 880 | 12 950 | 18 470 | 28 550 | 49 170 | 77 280 | 111 630 |

Conduites de retour des condensats

Pour des installations de moyenne et grande taille, il est préférable de faire appel aux services d'un consultant pour le calcul des lignes de retour des condensats. Habituellement, la règle de bonne pratique consiste à sélectionner une conduite de retour d'une ou deux tailles supérieures pour tenir compte d'une augmentation éventuelle de la capacité de l'installation et de l'engorgement des canalisations par la rouille et le calcaire.

EXEMPLE : Quelle est la perte de charge d'une conduite de retour DN 40 pour un débit de 400 kg/h, lorsque la pression de vapeur est de 2 barg et que le retour de condensat s'effectue à l'atmosphère sur une longueur de 150 m ?

Dans le tableau CG-61-1, choisissez le facteur de correction correspondant à 2 barg (0,256), puis divisez le débit donné par cette valeur :

$$\frac{400}{0,256} = 1\,562 \text{ kg/h}$$

Cette valeur correspond à une perte de charge de 2 mm CE/m dans une conduite DN40. Pour une ligne de retour de 150 m de long, la perte de charge totale est de 150 x 2 = 300 mm CE (0,3 barg).

Purgeurs avec contre-pression élevée

Une contre-pression excessive par rapport à la normale peut se produire lorsque les lignes de retour sont engorgées ou en cas d'augmentation du débit de condensat ou de dysfonctionnement d'un purgeur. La contre-pression peut être gênante ou non, selon les caractéristiques fonctionnelles du purgeur considéré. Reportez-vous à la ligne « 1 » du tableau de recommandations, page CG-9. Si une contre-pression risque de se produire dans les lignes de retour, veillez à sélectionner un purgeur approprié.

La contre-pression diminue la pression différentielle ; il en résulte donc une réduction du débit de purge. Dans les cas graves, cette réduction de débit nécessite une taille de purgeur supérieure pour compenser la diminution de pression différentielle en fonctionnement.

Comment dimensionner les lignes de retour de condensat



Chaleur spécifique et densité

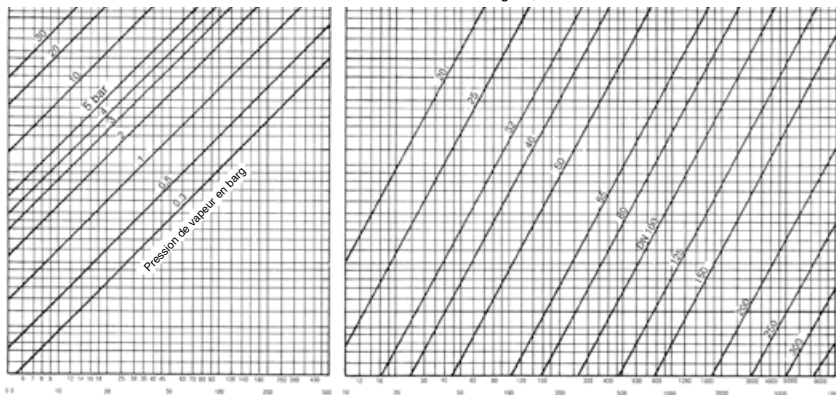
| Perte de charge en mm CE par mètre de canalisation | Diamètre de conduite en mm | | | | | | | | | | |
|----------------------------------------------------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| | 15 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 65 | 80 | 100 | 125 | 150 |
| | Débit de condensat en kg/h | | | | | | | | | | |
| 1 | 67 | 153 | 310 | 677 | 1 048 | 2 149 | 3 597 | 6 413 | 13 527 | 25 410 | 40 485 |
| 2 | 95 | 217 | 438 | 958 | 1 483 | 3 040 | 5 087 | 9 070 | 19 130 | 35 935 | 57 255 |
| 3 | 116 | 266 | 537 | 1 174 | 1 816 | 3 723 | 6 230 | 11 108 | 23 430 | 44 012 | 70 123 |
| 4 | 134 | 307 | 620 | 1 355 | 2 097 | 4 299 | 7 194 | 12 827 | 27 055 | 50 821 | 80 971 |
| 5 | 150 | 343 | 693 | 1 516 | 2 345 | 4 807 | 8 044 | 14 341 | 30 248 | 56 819 | 90 529 |
| 6 | 164 | 376 | 759 | 1 660 | 2 569 | 5 265 | 8 811 | 15 710 | 33 135 | 62 242 | 99 169 |
| 7 | 177 | 406 | 820 | 1 793 | 2 775 | 5 687 | 9 517 | 16 968 | 35 790 | 67 230 | 107 115 |
| 8 | 190 | 434 | 877 | 1 917 | 2 966 | 6 080 | 10 175 | 18 140 | 38 261 | 71 871 | 114 511 |
| 9 | 201 | 461 | 930 | 2 033 | 3 146 | 6 449 | 10 792 | 19 240 | 40 582 | 76 231 | 121 457 |
| 10 | 212 | 486 | 980 | 2 143 | 3 317 | 6 798 | 11 375 | 20 281 | 42 777 | 80 355 | 128 027 |
| 12 | 232 | 532 | 1 074 | 2 348 | 3 633 | 7 447 | 12 461 | 22 217 | 46 860 | 88 024 | 140 247 |
| 14 | 251 | 575 | 1 160 | 2 536 | 3 924 | 8 043 | 13 460 | 23 997 | 50 615 | 95 077 | 151 484 |
| 16 | 268 | 615 | 1 240 | 2 711 | 4 195 | 8 599 | 14 389 | 25 654 | 54 110 | 101 642 | 161 943 |
| 18 | 285 | 652 | 1 315 | 2 876 | 4 450 | 9 120 | 15 262 | 27 210 | 57 392 | 107 807 | 171 767 |
| 20 | 300 | 687 | 1 387 | 3 032 | 4 691 | 9 614 | 16 088 | 28 682 | 60 496 | 113 639 | 181 058 |
| 22 | 315 | 721 | 1 454 | 3 180 | 4 920 | 10 083 | 16 873 | 30 082 | 63 449 | 119 186 | 189 896 |
| 24 | 329 | 753 | 1 519 | 3 321 | 5 138 | 10 531 | 17 623 | 31 420 | 66 270 | 124 485 | 198 339 |
| 26 | 342 | 784 | 1 581 | 3 457 | 5 348 | 10 961 | 18 343 | 32 720 | 68 976 | 129 568 | 206 438 |
| 28 | 355 | 813 | 1 641 | 3 587 | 5 550 | 11 375 | 19 035 | 33 937 | 71 580 | 134 460 | 214 231 |
| 30 | 368 | 842 | 1 698 | 3 713 | 5 745 | 11 774 | 19 703 | 35 128 | 74 093 | 139 179 | 221 750 |
| 32 | 380 | 869 | 1 754 | 3 835 | 5 933 | 12 160 | 20 350 | 36 280 | 76 523 | 143 743 | 229 023 |
| 34 | 392 | 896 | 1 808 | 3 953 | 6 116 | 12 535 | 20 976 | 37 397 | 78 878 | 148 167 | 236 071 |
| 36 | 403 | 922 | 1 861 | 4 067 | 6 293 | 12 898 | 21 584 | 38 481 | 81 165 | 152 463 | 242 915 |
| 38 | 414 | 947 | 1 912 | 4 179 | 6 466 | 13 252 | 22 175 | 39 535 | 83 389 | 156 641 | 249 572 |
| 40 | 425 | 972 | 1 961 | 4 287 | 6 634 | 13 596 | 22 751 | 40 563 | 85 555 | 160 710 | 256 055 |
| 42 | 435 | 996 | 2 010 | 4 393 | 6 798 | 13 932 | 23 313 | 41 564 | 87 668 | 164 679 | 262 379 |
| 44 | 446 | 1 020 | 2 057 | 4 497 | 6 958 | 14 260 | 23 862 | 42 542 | 89 731 | 168 554 | 268 553 |
| 46 | 456 | 1 042 | 2 103 | 4 598 | 7 114 | 14 580 | 24 398 | 43 499 | 91 747 | 172 342 | 274 589 |
| 48 | 465 | 1 065 | 2 148 | 4 697 | 7 267 | 14 894 | 24 923 | 44 434 | 93 721 | 176 049 | 280 494 |
| 50 | 475 | 1 087 | 2 193 | 4 794 | 7 417 | 15 201 | 25 437 | 45 350 | 95 653 | 179 679 | 286 279 |

Débit de revaporisation du condensat en kg/h dans une ligne de retour à pression atmosphérique. Les débits ci-dessus ont été calculés à partir d'une pression initiale de 0,35 barg.

Pour d'autres pressions, divisez les débits donnés par les facteurs de correction suivants :

- 1 barg : 0,415
- 2 barg : 0,256
- 4 barg : 0,162
- 7 barg : 0,124
- 9 barg : 0,108
- 12 barg : 0,09
- 17 barg : 0,07
- 31 barg : 0,06
- 42 barg : 0,055

Diagramme CG-61-1. Pertes de charge dans les conduites de vapeur saturée



Perte de charge de vapeur en mm CE/m

Débit de vapeur en kg/h

| | Liquide (L) ou Solide (S) | Densité @ 18 - 20°C | C. spécif. à 20°C (kJ/kg°C) | | Liquide (L) ou Solide (S) | Densité @ 18 - 20°C | C. spécif. à 20°C (kJ/kg°C) |
|--------------------------------|---------------------------|---------------------|-----------------------------|-------------------------------------------|---------------------------|---------------------|-----------------------------|
| Acétone 100% | L | 0,78 | 2,152 | Essence de térébenthine | L | 0,86 | 1,76 |
| Acide acétique 100% | L | 1,05 | 2,01 | Éthylène glycol | L | 1,11 | 2,43 |
| Acide acétique 100% | L | 1,01 | 4,02 | Fruits frais, moyenne | S | | 3,35 - 3,7 |
| Acide gras, palmitique | L | 0,85 | 2,734 | Gasol API | L | 0,88 | 1,76 |
| Acide gras, stéarique | L | 0,84 | 2,303 | Glace | S | 0,9 | 2,09 |
| Acide chlorhydrique 10% | L | 1,05 | 3,14 | Glycérol 100% (glycérine) | L | 1,26 | 2,43 |
| Acide chlorhydrique 31,5% | L | 1,15 | 2,51 | Goudron de houille | S | 1,2 | 1,5 - 40°C |
| Acide nitrique 10% | L | 1,05 | 3,77 | Huile de coton | L | 0,95 | 1,97 |
| Acide nitrique 60% | L | 1,37 | 2,68 | Huile de lin | L | 0,93 | 1,84 |
| Acide nitrique 95% | L | 1,5 | 2,09 | Huile de soja | L | 0,92 | 1,0 - 1,38 |
| Acide phosphorique 20% | L | 1,05 | 3,89 | Hydroxyde de sodium 30% | L | 1,33 | 3,52 |
| Acide phosphorique 20% | L | 1,11 | 3,56 | Hydroxyde de sodium 50% (soude caustique) | L | 1,53 | 3,27 |
| Acide sulfurique 110% (fumant) | L | 1,13 | 1,13 | Charbon | S | 1,2 - 1,8 | 1,09 - 1,5 |
| Acide sulfurique 20% | L | 1,14 | 3,52 | Laine | S | 1,32 | 1,361 |
| Acide sulfurique 60% | L | 1,5 | 2,18 | Laine de verre | S | 0,072 | 0,657 |
| Acide sulfurique 98% | L | 1,84 | 1,47 | Lait | L | 1,03 | 3,77 - 3,9 |
| Acier inoxydable, série 300 | S | 8,04 | 0,5 | Légumes frais, moyenne | S | 3,06 - 3,9 | |
| Alcool éthylique 95% | L | 0,81 | 2,51 | Liège | S | 0,25 | 2,01 |
| Alcool méthylique 90% | L | 0,82 | 2,72 | Maçonnerie en briques | S | 1,6 - 2,0 | 0,92 |
| Aluminium | S | 2,64 | 0,96 | Magnésie 85% | L | 0,208 | 1,13 |
| Ammoniaque 100% | L | 0,61 | 4,61 | Miel | L | | 1,42 |
| Ammoniaque 26% | L | 0,9 | 4,19 | Nickel | S | 8,9 | 0,46 |
| Anhydride phthalique | L | 1,53 | 0,971 | Papier | S | 1,7 - 1,15 | 1,88 |
| Argile sèche | S | 1,9 - 2,4 | 0,938 | Paraffine | S | 0,86 - 0,9 | 2,6 |
| Aroclor | L | 1,44 | 1,17 | Paraffine fondue | L | 0,9 | 2,89 |
| Asphalte | L | 1 | 1,76 | Phénol (acide phénique) | L | 1,07 | 2,34 |
| Asphalte, solide | S | 1,1 - 1,5 | 0,92 - 1,7 | Plomb | S | 11,34 | 0,13 |
| Benzène | L | 0,84 | 1,72 | Poisson frais, moyenne | S | | 3,14 - 3,4 |
| Bois, variantes du | S | 0,35 - 0,9 | 3,77 | Sable | S | 1,4 - 1,76 | 0,795 |
| Brut API mi-continental | L | 0,085 | 1,84 | Saccharose, sirop à 40% | L | 1,18 | 2,76 |
| Caoutchouc vulcanisé | S | 1,1 | 1,738 | Saccharose, sirop à 60% | L | 1,29 | 3,1 |
| Carburant n° 1 (kérosène) | L | 0,81 | 1,97 | SAE - 20 (huile lubrifiante #20) | L | 0,89 | |
| Carburant n° 2 | L | 0,86 | 1,84 | SAE - 30 (huile lubrifiante #30) | L | 0,89 | |
| Carburant No. 3 | L | 0,88 | 1,8 | SAE - SW (huile lubrifiante #8) | L | 0,88 | |
| Carburant No. 4 | L | 0,9 | 1,76 | Saindoux | S | 0,92 | 2,68 |
| Carburant No. 5 | L | 0,93 | 1,72 | Saindoux à 21°C | S | 7,9 | 0,46 |
| Carburant No. 6 | L | 0,95 | 1,67 | Saumure de chlorure de calcium, 25% | L | 1,23 | 2,885 |
| Carton d'amiante | S | 0,88 | 0,8 | Saumure de chlorure de sodium, 25% | L | 1,19 | 3,291 |
| Coke, solide | S | 1,0 - 1,4 | 1,11 | Sirop d'érable | L | | 2,01 |
| Colle, 2 parties d'eau | L | 1,09 | 3,73 | Soie | S | 1,25 - 1,4 | 1,38 |
| 1 partie de colle sèche | | | | Soufre | S | 2 | 0,85 |
| Coton, tissu | S | 1,5 | 1,34 | Sucre de canne et betterave | S | 1,66 | 1,26 |
| Crème glacée | S | | 2,93 | Tétrachlorure de carbone | L | 1,58 | 0,88 |
| Cuir | S | 0,86 - 1,0 | 1,51 | Titane commercial | S | 4,5 | 0,54 |
| Cuivre | S | 8,82 | 0,42 | Toluène | L | 0,86 | 1,76 |
| Downtherm A | L | 0,99 | 2,64 | Trichloréthylène | L | 1,62 | 0,9 |
| Downtherm C | L | 1,1 | 1,47 - 2,7 | Verre Pyrex | S | 2,25 | 0,84 |
| Eau | L | 1 | 4,19 | Viande fraîche, moyenne | S | | 3,266 |
| Eau de mer | L | 1,03 | 3,94 | Vin de table et vin doux, moyenne | L | 1,03 | 3,77 |
| Essence | L | 0,73 | 2,22 | Zinc | S | 7,05 | 0,398 |

| | Densité à 18-20°C | C. spécif. à 20°C (kJ/kg°C) | | Densité à 18-20°C | C. spécif. à 20°C (kJ/kg°C) |
|---------------------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------|-------------------|-----------------------------|
| Air | 1 | 1 | Fréon - 12 | | 0,67 |
| Ammoniac | 0,6 | 2,26 | Hydrogène | 0,069 | 14,32 |
| Azote | 0,97 | 1,059 | Hydrogène sulfuré | 1,2 | 1,05 |
| Benzène | | 1,361 | Chlore | 2,5 | 0,494 |
| Butane | 2 | 1,905 | Méthane | 0,55 | 2,51 |
| Dioxyde de carbone | 1,5 | 0,88 | Monoxyde de carbone | 0,97 | 1,068 |
| Dioxyde de soufre | | 0,678 | Oxygène | 1,1 | 0,942 |
| Éthane | 1,1 | 2,09 | Propane | 1,5 | 1,93 |
| Éthylène | 0,97 | 1,88 | Vapeur d'eau | 2,3 | 1,897 |

Tables industrielles

Tableau CG-63-1. Tubes suivant DIN 2440

| Diamètre (pouces) | mm | Diamètre extérieur en mm | Épaisseur de paroi en mm | Masse kg/m |
|-------------------|-----|--------------------------|--------------------------|------------|
| 1/8» | 6 | 10,2 | 2,00 | 0,407 |
| 1/4» | 8 | 13,5 | 2,35 | 0,650 |
| 3/8» | 10 | 17,2 | 2,35 | 0,852 |
| 1/2» | 15 | 21,3 | 2,65 | 1,22 |
| 3/4» | 20 | 26,9 | 2,65 | 1,58 |
| 1» | 25 | 33,7 | 3,25 | 2,44 |
| 1 1/4» | 32 | 42,4 | 3,25 | 3,14 |
| 1 1/2» | 40 | 48,3 | 3,25 | 3,61 |
| 2» | 50 | 60,3 | 3,65 | 5,10 |
| 2 1/2» | 65 | 76,1 | 3,65 | 6,51 |
| 3» | 80 | 88,9 | 4,05 | 8,47 |
| 4» | 100 | 114,3 | 4,50 | 12,1 |
| 5» | 125 | 139,7 | 4,85 | 16,2 |
| 6» | 150 | 165,1 | 4,85 | 19,2 |

Tableau CG-63-2. Tubes suivant DIN 2441

| Diamètre (pouces) | mm | Diamètre extérieur en mm | Épaisseur de paroi en mm | Masse kg/m |
|-------------------|-----|--------------------------|--------------------------|------------|
| 1/8» | 6 | 10,2 | 2,65 | 0,493 |
| 1/4» | 8 | 13,5 | 2,90 | 0,769 |
| 3/8» | 10 | 17,2 | 2,90 | 1,02 |
| 1/2» | 15 | 21,3 | 3,25 | 1,45 |
| 3/4» | 20 | 26,9 | 3,25 | 1,90 |
| 1» | 25 | 33,7 | 4,05 | 2,97 |
| 1 1/4» | 32 | 42,4 | 4,05 | 3,84 |
| 1 1/2» | 40 | 48,3 | 4,05 | 4,43 |
| 2» | 50 | 60,3 | 4,50 | 6,17 |
| 2 1/2» | 65 | 76,1 | 4,50 | 7,90 |
| 3» | 80 | 88,9 | 4,85 | 10,1 |
| 4» | 100 | 114,3 | 5,40 | 14,4 |
| 5» | 125 | 139,7 | 5,40 | 17,8 |
| 6» | 150 | 165,1 | 5,40 | 21,2 |

Tableau CG-63-3. Tubes suivant DIN

| Diamètre (pouces) | mm | Diamètre extérieur en mm | Épaisseur de paroi en mm | Masse kg/m |
|-------------------|-----|--------------------------|--------------------------|------------|
| 1/8» | 6 | 10,2 | 1,6 | 0,344 |
| 1/4» | 8 | 13,5 | 1,8 | 0,522 |
| 3/8» | 10 | 17,2 | 1,8 | 0,688 |
| 1/2» | 15 | 21,3 | 2,0 | 0,962 |
| 3/4» | 20 | 26,9 | 2,3 | 1,41 |
| 1» | 25 | 33,7 | 2,6 | 2,01 |
| 1 1/4» | 32 | 42,4 | 2,6 | 2,57 |
| 1 1/2» | 40 | 48,3 | 2,6 | 2,95 |
| 2» | 50 | 60,3 | 2,9 | 4,14 |
| 2 1/2» | 65 | 76,1 | 2,9 | 5,28 |
| 3» | 80 | 88,9 | 3,2 | 6,81 |
| 4» | 100 | 114,3 | 3,6 | 9,90 |
| 5» | 125 | 139,7 | 4,0 | 13,5 |
| 6» | 150 | 168,3 | 4,5 | 18,1 |

Tableau CG-63-4. Dimensions des brides suivant DIN

| DN | PN 6 | | | | PN 10 | | | | PN 16 | | | | PN 25 | | | | PN 40 | | | |
|-----|------|-----|----|-----|-------|-----|----|-----|-------|-----|----|-----|-------|-----|----|-----|-------|-----|----|-----|
| | D | k | z* | M** | D | k | z* | M** | D | k | z* | M** | D | k | z* | M** | D | k | z* | M** |
| 25 | 100 | 75 | 4 | 10 | 115 | 85 | 4 | 12 | 115 | 85 | 4 | 12 | 115 | 85 | 4 | 12 | 115 | 85 | 4 | 12 |
| 32 | 120 | 90 | 4 | 12 | 140 | 100 | 4 | 16 | 140 | 100 | 4 | 16 | 140 | 100 | 4 | 16 | 140 | 100 | 4 | 16 |
| 40 | 130 | 100 | 4 | 12 | 150 | 110 | 4 | 16 | 150 | 110 | 4 | 16 | 150 | 110 | 4 | 16 | 150 | 110 | 4 | 16 |
| 50 | 140 | 110 | 4 | 12 | 165 | 125 | 4 | 16 | 165 | 125 | 4 | 16 | 165 | 125 | 4 | 16 | 165 | 125 | 4 | 16 |
| 65 | 160 | 130 | 4 | 12 | 185 | 145 | 4 | 16 | 185 | 145 | 4 | 16 | 185 | 145 | 8 | 16 | 185 | 145 | 8 | 16 |
| 80 | 190 | 150 | 4 | 16 | 200 | 160 | 8 | 16 | 200 | 160 | 8 | 16 | 200 | 160 | 8 | 16 | 200 | 160 | 8 | 16 |
| 100 | 210 | 170 | 4 | 16 | 220 | 180 | 8 | 16 | 220 | 180 | 8 | 16 | 235 | 190 | 8 | 20 | 235 | 190 | 8 | 20 |
| 125 | 240 | 200 | 8 | 16 | 250 | 210 | 8 | 16 | 250 | 210 | 8 | 16 | 270 | 220 | 8 | 24 | 270 | 220 | 8 | 24 |
| 150 | 265 | 225 | 8 | 16 | 285 | 240 | 8 | 20 | 285 | 240 | 8 | 20 | 300 | 250 | 8 | 24 | 300 | 250 | 8 | 24 |
| 200 | 320 | 280 | 8 | 16 | 340 | 295 | 8 | 20 | 340 | 295 | 12 | 20 | 360 | 310 | 12 | 24 | 375 | 320 | 12 | 27 |
| 250 | 375 | 335 | 12 | 16 | 395 | 350 | 12 | 20 | 405 | 355 | 12 | 24 | 425 | 370 | 12 | 27 | 450 | 385 | 12 | 30 |
| 300 | 440 | 395 | 12 | 20 | 445 | 400 | 12 | 20 | 460 | 410 | 12 | 24 | 485 | 430 | 16 | 27 | 515 | 450 | 16 | 30 |

* «z» indique le nombre de boulons.* «M» les boulons 'standard'.

Facteurs de conversion des unités métriques en unités anglo-américaines

LONGUEUR

1 mm = 0,0394 pouces
1 m = 3,28 pieds

SURFACE

1 cm² = 0,155 pouces carrés
1 m² = 10,764 pouces carrés

VOLUME

1 dm³ = 61,02 pouces cubes
1 m³ = 35,31 pieds cubes

VITESSE

1 m/s = 3,281 pieds/s

MASSE

1 kg = 2,205 livres (lb.)

PRESSION

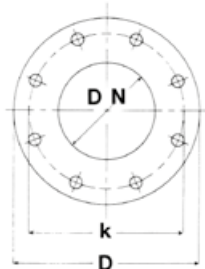
1 kg/cm² = 14,22 psi
1 kg/m² = 0,205 psf
1 bar = 14,5 psi
1 psi = 0,0689 bar

CHALEUR

1 kJ = 1 000 Joules
1 kilowatt-heure (kWh) = 3 600 kJ
1 Btu/Ft².h.°F = 20,44 kJ/h.m².°C

TEMPÉRATURE

$\Delta t_c = 5/9 \Delta t_f$
 $t_c = 5/9 (t_f - 32)$
 $\Delta t_f = 9/5 \Delta t_c$
 $t_f = 9/5 t_c + 32$





KLINGER Gysi AG
Bachstrasse 34 » Postfach » CH-5034 Suhr
+41 62 855 00 00
zentrale@klinger-gysi.ch

www.klinger-gysi.ch