

Guide technique de l'air comprimé

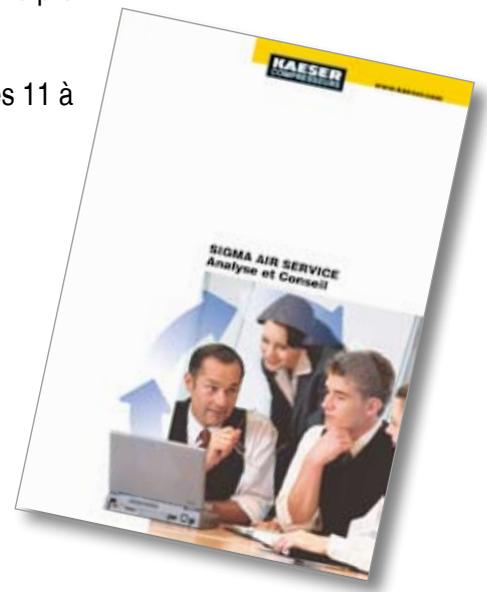
Notions fondamentales, informations pratiques et conseils utiles



Connaissez-vous vos coûts d'air comprimé?

Pour en avoir le cœur net, confiez-nous dès aujourd'hui l'analyse de votre profil d'air comprimé (ADA).

Vous trouverez également des informations détaillées dans les chapitres 11 à 13 ou dans notre documentation „Analyse et Conseil“.



Des informations utiles, conseils et outils pour une planification correcte de votre alimentation en air comprimé sont par ailleurs donnés sur notre site Internet :

www.kaeser.com > Services > Conseil et Analyse

Sommaire

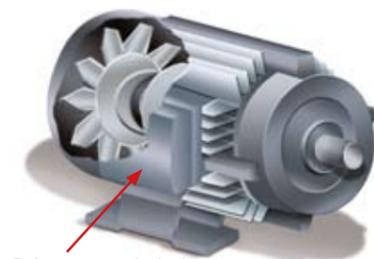
- 04** 1. Qu'est ce que l'air comprimé?
- 06** 2. Traitement économique de l'air comprimé
- 08** 3. Pourquoi sécher l'air comprimé?
- 10** 4. Purge fiable des condensats
- 12** 5. Traitement économique et fiable du condensat
- 14** 6. Gestion efficace des compresseurs
- 16** 7. Commande par bande de pression :
Adaptation des compresseurs à la consommation réelle d'air comprimé
- 18** 8. Economie d'énergie par la récupération de calories
- 20** 9. Eviter les pertes d'énergie (1) :
Replanification du réseau d'air comprimé
- 22** 10. Eviter les pertes d'énergie (2) :
Modernisation du réseau d'air comprimé
- 24** 11. Planification exacte des stations de compresseurs (1) :
Analyse des besoins en air comprimé (ADA)
- 26** 12. Planification exacte des stations de compresseurs (2) :
Détermination du concept le plus rentable
- 28** 13. Planification exacte des stations de compresseurs (3) :
Détermination de la consommation réelle
- 30** 14. Planification exacte des stations de compresseurs (4) :
Un refroidissement efficace : le refroidissement par air
- 32** 15. Exploiter efficacement les systèmes d'air comprimé :
Optimisation des coûts et fiabilité durables

Avec l'air comprimé, il en va comme dans la vie quotidienne: Un petit détail peut modifier son déroulement et il n'est pas rare que les petites causes produisent de grands effets, bons ou mauvais. Certaines choses

1. Qu'est-ce que l'air comprimé ?

mieux considérées peuvent être différentes de celles vues au premier abord. Ainsi, l'air comprimé peut être très cher, utilisé dans des conditions peu favorables ou très rentable, utilisé dans des conditions-cadres appropriées. Peut-être tirerez-vous à la longue un plus grand profit de nos conseils que de ceux de votre conseiller en placements. Pour commencer, nous consacrons ce premier chapitre à la définition de quatre termes de la technique de l'air comprimé et à ce qu'il est nécessaire de savoir.

pérature de l'air comprimé et le volume d'air débité seront ensuite mesurés côté refoulement de la centrale de compression. Enfin, on ramènera le volume V_2 mesuré à la sortie d'air comprimé aux conditions d'aspiration à l'aide de l'équation des gaz (voir graphique 1).



Puissance nominale du moteur

Le résultat de ce calcul correspond au débit de la centrale de compression. A ne pas confondre avec le débit du bloc de compression (débit bloc).

$$V_1 = \frac{V_2 \times P_2 \times T_1}{T_2 \times P_1}$$

disponible à 100% pour une utilisation totale de rendement électrique et du facteur de puissance $\cos \phi$, sans surcharge du moteur. Ces indications sont inscrites sur la plaque constructeur du moteur électrique.

Attention! Si la puissance absorbée sur l'arbre diffère trop de la puissance nominale du moteur, le compresseur ne travaille pas de façon rentable et/ou risque une usure prématurée.

3. Puissance spécifique

La puissance spécifique d'un compresseur est le rapport entre la puissance électrique absorbée et le volume d'air débité à une pression donnée. La puissance électrique absorbée par un compresseur est le total des puissances électriques absorbées par tous les dispositifs du compresseur, par exemple moteur principal, moteur ventilateur, moteur de pompe à huile, kit hors-gel etc. Pour le calcul des bilans de consommation énergétique, la puissance spécifique doit tenir compte de la puissance totale de la centrale et de la puissance maximale de service. La valeur de la puissance totale absorbée à la pression maximale de service sera alors divisée par la valeur du débit du compresseur à la même pression.

Attention:

Les normes DIN 1945 et ISO 1217 seules ne concernent que le débit du bloc. Il en est de même de la recommandation PN 2 CPTC 1 de CAGI-Pneurop.

2. Puissance absorbée sur l'arbre moteur

C'est la puissance qui correspond au travail résistant de la machine, c'est à dire la puissance absorbée du compresseur majorée de la puissance absorbée par la transmission. On appelle puissance nominale du moteur la puissance

4. Puissance électrique absorbée

La puissance électrique absorbée est la puissance que le moteur d'entraînement du compresseur absorbe sur le réseau électrique pendant une sollicitation mécanique de l'arbre moteur (puissance absorbée sur l'arbre). Elle est égale à la puissance absorbée sur l'arbre plus les pertes de puissance du moteur, électriques comme mécaniques, dues au frottement des paliers et à la ventilation. La puissance absorbée idéale au point nominal P se calcule suivant la formule:

$$P = U_n \times I_n \times \sqrt{3} \times \cos \phi_n$$

U_n , I_n , et $\cos \phi_n$ sont indiqués sur la plaque constructeur du moteur électrique.

5. EPACT – Nouvelle formule d'entraînement compresseur économique en énergie

Les efforts déployés par les USA pour réduire la consommation d'énergie des moteurs asynchrones triphasés ont abouti à l'"Energy Policy Act" (EPACT) qui entra en vigueur en 1997. Depuis 1998, KAESER propose sur le marché européen des compresseurs à vis avec moteurs satisfaisant à cette norme rigoureuse. Les "moteurs EPACT" présentent d'importants avantages:

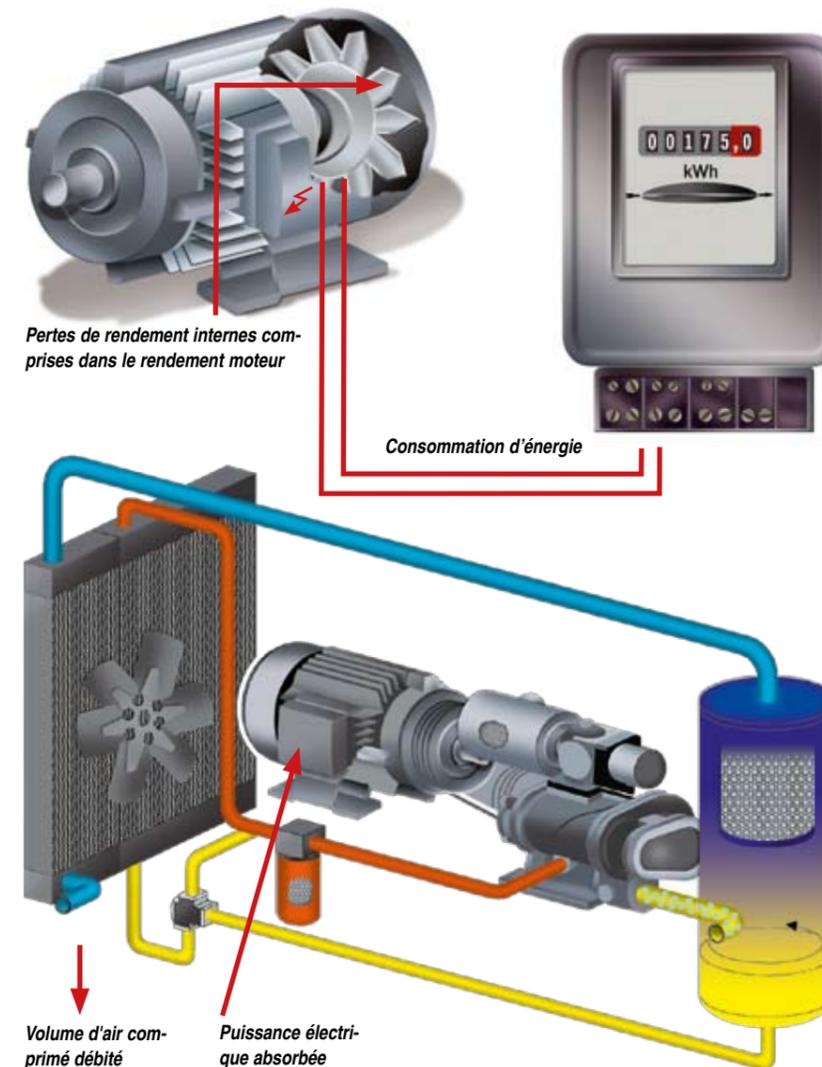
a) Basses températures de service

L'échauffement de certaines pièces lors de la compression et le frottement des roulements du moteur entraînent des pertes de rendement internes qui peuvent atteindre sur les petits moteurs jusqu'à 20 % et sur les moteurs à

partir de 160kW 4 à 5 % de la puissance absorbée. Les moteurs EPACT chauffant beaucoup moins, les pertes

c) 6% de plus d'air comprimé avec moins d'énergie

Les faibles pertes calorifiques présentent de plus l'avantage d'une meilleure



Volume d'air comprimé débité

Puissance électrique absorbée

calorifiques sont nettement inférieures. Alors que sur un moteur classique en charge normale, la température de service augmente de près de 80° K pour une réserve de température de 20° K en classe d'isolation F, celle du moteur EPACT ne s'élève dans les mêmes conditions que de près de 65° K avec une réserve de température de 40° K.

b) Durée de vie prolongée

Les basses températures de service signifient avant tout une plus faible sollicitation thermique du moteur, des roulements et du bornier, d'où une plus grande longévité du moteur.

rentabilité. KAESER est ainsi parvenu, en adaptant exactement ses compresseurs aux possibilités des moteurs EPACT, à augmenter les débits des machines de 6% et à optimiser les puissances spécifiques de 5%. Le résultat: un meilleur rendement, des temps de marche plus courts et une plus faible consommation d'énergie par mètre-cube d'air comprimé produit.



Les experts discutent inlassablement sans parvenir à se mettre d'accord sur la méthode la plus rentable de traitement d'air comprimé. La question est de savoir quel système de compression convient le mieux pour produire

2. Traitement économique de l'air comprimé

le plus économiquement possible de l'air comprimé exempt d'huile. Indépendamment des affirmations de certains constructeurs, un fait est aujourd'hui certain : une haute qualité d'air comprimé exempt d'huile peut aussi bien être obtenue avec un compresseur non lubrifié que refroidi par huile ou par fluide de refroidissement. La rentabilité sera donc le facteur déterminant dans le choix du compresseur.

1. Que signifie "air comprimé exempt d'huile" ?

Selon la norme ISO 8573-1, l'air comprimé peut être qualifié d'exempt d'huile si sa teneur en huile (vapeur d'huile comprise) est inférieure à 0,01 mg/m³. Cela représente environ un centième de ce qui est contenu dans l'air atmosphérique. Cette quantité est tellement infime qu'il est quasiment impossible de la déceler. Mais qu'en est-il de la qualité de l'air aspiré par les compresseurs ? Elle dépend fortement de l'environnement. Dans les zones à trafic normal, la teneur en hydrocarbures peut, en raison de la pollution due à la circulation et aux industries, se situer entre 4 et 14 mg par mètre-cube d'air. Dans les zones industrielles où l'huile est utilisée pour le graissage, le refroidissement et autres processus, la teneur en huile minérale seule peut dépasser

10 mg/m³. A cela s'ajoutent d'autres impuretés telles que hydrocarbures, dioxyde de soufre, suie, poussières métalliques et poussières en suspension.

2. Pourquoi un traitement ?

Tout compresseur, lubrifié ou non, fonctionne comme un immense aspirateur qui absorbe les impuretés, les accumule au travers de la compression d'air et les rejette, en l'absence de dispositif de traitement, dans le réseau d'air comprimé.

a) Qualité d'air comprimé produit par les compresseurs "non lubrifiés"

C'est le cas en particulier des compresseurs dont la chambre de compression est exempte d'huile. En raison des valeurs indiquées au point 1, il est impossible de produire de l'air comprimé exempt d'huile avec un compresseur uniquement équipé d'un filtre antipoussières de 3 microns. Les compresseurs sans huile ne disposent, à l'exception de ces filtres antipoussières, d'aucun autre élément de traitement.

b) Qualité d'air comprimé produit par les compresseurs refroidis par huile ou par fluide

L'huile ou l'agent réfrigérant des compresseurs à vis refroidis par huile ou par fluide ont un pouvoir liant sur les particules solides et absorbent les substances agressives contenues dans l'air comprimé. Malgré le haut degré de pureté de l'air comprimé ainsi obtenu, son traitement reste incontournable. L'air comprimé exempt d'huile, de qualité conforme à la norme ISO 8573-1, ne

peut être obtenu ni par un compresseur non lubrifié ni par un compresseur à injection d'huile.

c) Séchage de l'air comprimé

Le séchage de l'air comprimé constitue la base de chaque traitement adapté à l'utilisation prévue. Dans la plupart des cas, le séchage frigorifique à faible consommation d'énergie est le procédé le plus économique (voir chapitre "Pourquoi sécher l'air comprimé?", page 9).

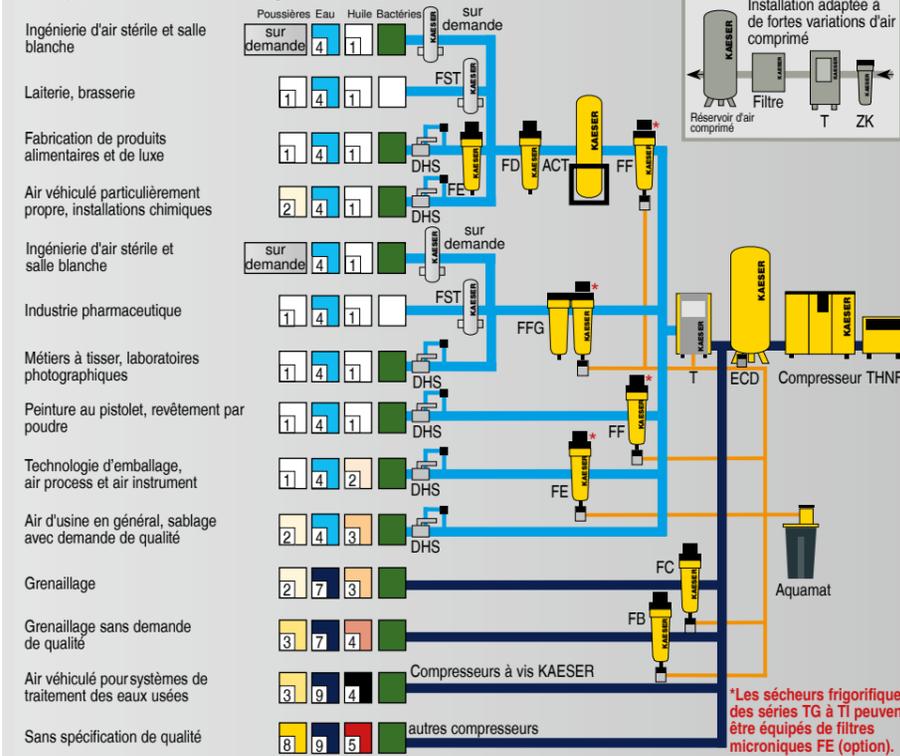
3. Sélection du système de compression approprié

Lorsque des compresseurs non lubrifiés ou des compresseurs refroidis par huile ou par fluide sont recommandés pour des cas d'application déterminés, ce n'est pas la qualité d'air obtenue par les différents types de compresseurs qu'il faut considérer, mais la rentabilité. Celle-ci est notamment déterminée par les coûts d'énergie et d'entretien dont la part peut représenter jusqu'à 90% du total des coûts de production d'air comprimé. La plus grande part, de 75 à 85%, est détenue par les coûts énergétiques. Dans le secteur basse pression de 500 mbar (a) à env. 3 bar (a), les systèmes non lubrifiés tels que les surpresseurs à pistons rotatifs jusqu'à 2 bar (a) sont très économiques en énergie. Dans la plage de 4 bar (a) à 16 bar (a) ce sont les compresseurs à vis refroidis par fluide ou par huile qui l'emportent sur les compresseurs "non lubrifiés" en matière de rentabilité. Ces derniers doivent, à partir de 5 bar (a) être bi-étagés afin que le rapport puissance nécessaire/débit délivré soit satisfaisant. Les nombreux refroidisseurs néces-

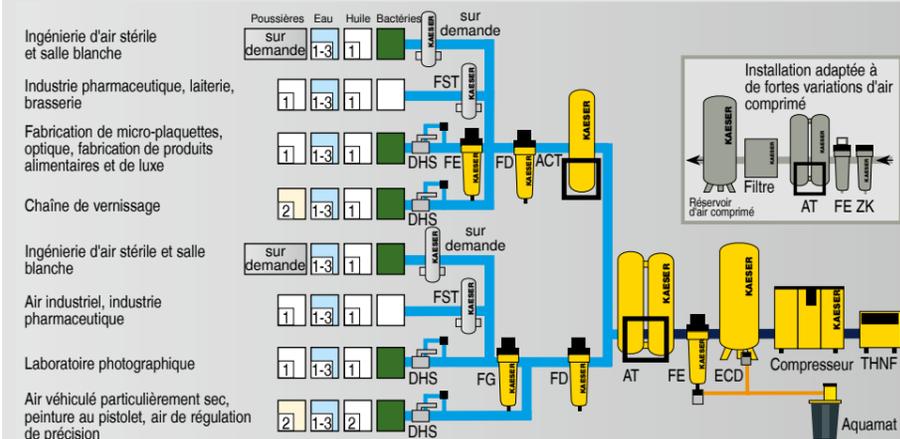
Sélectionnez la qualité d'air comprimé correspondant à votre cas d'utilisation :

Traitement d'air comprimé par sécheur frigorifique (point de rosée +3 °C)

Exemples d'utilisation : Sélection du degré de traitement selon ISO 8573-1¹⁾



Pour les réseaux non protégés contre le gel : Traitement d'air comprimé par sécheur par adsorption (point de rosée jusqu'à -70 °C)



saires, les grandes vitesses de rotation, une technique de régulation extrêmement coûteuse, le refroidissement par eau et les frais d'investissement élevés sont autant de facteurs qui remettent en question la rentabilité du compresseur dans cette plage de pression. Par ailleurs, l'air comprimé produit par les compresseurs "exempts d'huile" est agressif en raison de la mauvaise qualité des condensats et des particules de soufre aspirées: sa valeur pH se situe entre 3 et 6.

4. Système de purification d'air

Les compresseurs à vis modernes refroidis par huile ou par fluide ont un

rendement supérieur de près de 10% par rapport aux compresseurs non lubrifiés. Le système de purification d'air pour compresseurs à vis refroidis par huile ou par fluide, mis au point par KAESER, permet de réduire jusqu'à 30% les coûts occasionnés par la production de l'air comprimé exempt d'huile. Un air comprimé avec une teneur résiduelle inférieure à la valeur limite fixée par la norme ISO, peut être obtenu. Le système comprend tous les éléments de traitement nécessaires à la production de la qualité d'air comprimé requise. L'utilisation du sécheur frigorifique ou du sécheur par adsorption (voir cha-

pitre "Pourquoi traiter l'air comprimé?", page 9) et des différents éléments de filtration dépend du cas d'application. C'est ainsi qu'il est possible de produire de façon fiable et économique de l'air comprimé plus sec, exempt de particules, techniquement déshuilé à 100% ou stérile dans les classes de qualité déterminées par ISO.

5. Schéma de traitement

Le schéma ci-dessus se trouve dans chaque nouvelle notice commerciale sur les compresseurs à vis KAESER. Il permet de déterminer d'un seul regard la combinaison d'appareils nécessaires pour chaque cas d'application.

Le problème est dans l'air – au vrai sens du mot: un refroidissement de l'air atmosphérique, comme c'est le cas après sa compression dans le compresseur, entraîne une condensation de la vapeur. Un compresseur



3. Pourquoi sécher l'air comprimé?

30 kW avec un débit de 5 m³/min à 7,5 bar produit ainsi, dans des conditions de service normales, près de 20 litres de condensat pour 8h de fonctionnement. Celui-ci doit être évacué du circuit d'air comprimé afin d'éviter tout risque de défaut de fonctionnement et de détérioration. Le séchage de l'air comprimé est donc une partie intégrante et essentielle du traitement adapté au cas d'utilisation. Vous trouverez dans ce chapitre des informations utiles sur le séchage économique et écologique de l'air comprimé.

1. Exemple pratique

Lorsqu'un compresseur refroidi par fluide aspire, par une température de 20 °C et à la pression ambiante, 10 m³ d'air à la minute, sous une humidité relative de 60%, env. 100g de vapeur d'eau sont contenus dans cet air. L'air comprimé à un rapport volumétrique de 1:10 pour une pression absolue de 10 bar donne 1 mètre-cube d'air industriel.

L'air peut, avec une température de 80 °C après la compression, retenir 290g d'eau par mètre-cube. Du fait qu'il ne contient que 100g de vapeur d'eau, il est relativement sec, avec une humidité relative d'env. 35%; il ne se forme pas de condensat. Dans le refroidisseur final du compresseur, la température de l'air comprimé de 80 °C est réduite à env. 30 °C. Le mètre-cube d'air ne peut plus alors absorber que près de 30g d'eau; l'excédent de 70g/min est condensé et séparé. Près de 35 litres de condensat

sont ainsi produits par journée de travail de 8 heures.

Si par ailleurs, un sécheur frigorifique est monté en aval, il produira 6 litres de condensat par jour. L'air comprimé amené dans le sécheur est refroidi à +3 °C puis réchauffé à la température ambiante. Il en résulte une sous-saturation d'humidité de près de 20% d'où un air comprimé relativement sec et de meilleure qualité.

2. Humidité d'air

Notre air atmosphérique est plus ou moins humide, c'est à dire qu'il présente toujours une teneur en vapeur d'eau. Cette humidité varie en fonction de la température. Ainsi par exemple, un air saturé d'humidité à 100% retient, à une température de +25 °C, près de 23g d'eau par mètre-cube.

3. Condensats

Les condensats se forment lorsque l'air est réduit en volume pendant que sa température baisse. Il n'est alors plus en mesure de retenir la totalité de la vapeur d'eau. C'est exactement ce qui se produit dans le bloc de compression et dans le refroidisseur final d'un compresseur.

4. Les termes techniques et leur signification

a) Humidité absolue de l'air

Il s'agit de la vapeur d'eau contenue dans l'air, indiquée en g/m³.

b) Humidité relative de l'air (H_{rel})

L'humidité relative de l'air indique le degré de saturation, c. à d. le rapport de

la teneur effective en vapeur d'eau au point de saturation effectif de l'air (100% H_{rel}). Celui-ci est fonction de la température: l'air chaud peut retenir davantage de vapeur d'eau que l'air froid.

c) Point de rosée atmosphérique

Le point de rosée atmosphérique est la température à laquelle l'air atteint, à la pression atmosphérique (conditions ambiantes), un degré de saturation d'humidité (H_{rel}) de 100%.

Quelques exemples de valeurs:

Point de rosée en °C	Teneur en eau maxi en g/m ³
+40	50,7
+30	30,1
+20	17,1
+10	9,4
0	4,9
-10	2,2
-20	0,9
-25	0,5

d) Point de rosée sous pression

Il s'agit de la température à laquelle l'air comprimé atteint, à la pression absolue, son point de saturation d'humidité (100% H_{rel}). Dans le cas de l'exemple ci-dessus, cela signifie: L'air à 10 bar (a) avec un point de rosée sous pression de +3 °C a une humidité absolue de 6g par mètre-cube d'air industriel. En effet: Si l'on détend le mètre-cube industriel sous 10 bar(a) (suivant exemple ci-

dessus) à la pression atmosphérique, il décuplera en volume. La teneur en vapeur d'eau reste de 6g mais se répartit sur le volume décuplé. Chaque mètre-cube d'air détendu ne contient plus alors que 0,6g de vapeur d'eau. Cela correspond à un point de rosée atmosphérique de -24 °C.

5. Séchage d'air comprimé économique et non polluant

a) Sécheur frigorifique ou sécheur par adsorption?

Les nouvelles mesures légales concernant les frigorigènes pour la protection de l'environnement n'ont rien changé au fait que les sécheurs par adsorption ne représentent nullement une alternative aux sécheurs frigorifiques sur le plan rentabilité comme sur le plan environnement. Ces derniers ne nécessitent que 3% de l'énergie consommée par un compresseur pour produire l'air comprimé alors que les sécheurs par adsorption en consomment 10 à 25% sinon plus. C'est la raison pour laquelle aujourd'hui encore, il y a lieu d'utiliser des sécheurs frigorifiques pour les applications normales.

Par contre, lorsque des qualités d'air comprimé très sec avec des points de rosée sous pression jusqu'à -20, -40 ou -70 °C sont requises, les sécheurs par adsorption restent les plus indiqués.

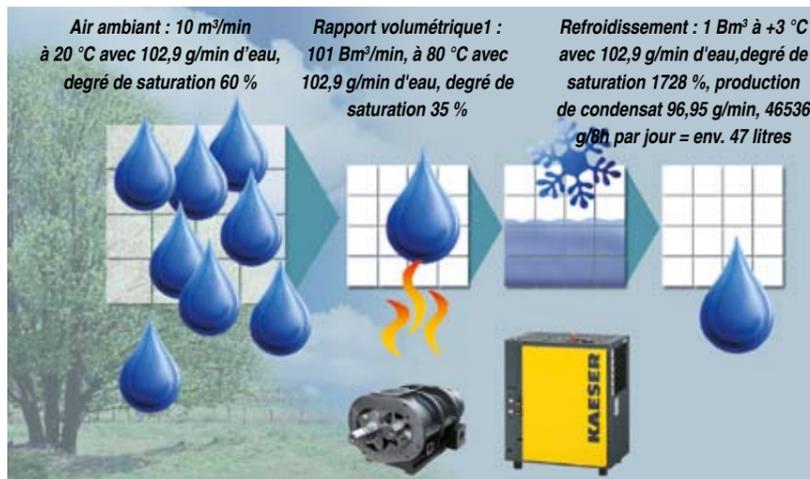
b) Quel frigorigène employer?

L'utilisation de FCKW tel que les fluides frigorigènes R 12 et R 22 est interdite pour les nouveaux sécheurs frigorifiques. Les frigorigènes disponibles et

leur action sur l'environnement sont donnés dans le tableau ci-dessous.

Les constructeurs de sécheurs frigorifiques ont utilisé pour la plupart jusqu'en 2000 le R 22, un FCKW à halogénéation partielle. Il ne présentait par rapport au R 12 qu'un potentiel d'ozonolyse de 5% et un potentiel d'effet de serre également plus faible de seulement 12%. Aujourd'hui, les constructeurs utilisent principalement le H-FKW R134a, recommandé par la législation pour son effet inoffensif sur la couche d'ozone de l'atmosphère en alternative au R 22, pour remplacer le R 12. Le R 134a présente l'avantage de pouvoir être utilisé sur les anciennes machines ayant fonctionné jusqu'alors au R 12 sans que de grandes modifications mécaniques de l'appareil soient nécessaires.

En dehors du R 134a, de nouveaux H-FKW tels que le R 404A et le R 407C avec également un potentiel d'ozonolyse de 0% sont aussi utilisés de nos jours. Il s'agit en fait de "Blends", des mélanges de différents fluides frigorigènes qui présentent d'une part des "glissements" de température différemment importants, c'est à dire des écarts de températures d'évaporation et de condensation de leurs composants et d'autre part un potentiel d'effet de serre plus élevé que le R 134a (voir tableau ci-dessous). C'est pourquoi le R 407C ne peut être utilisé que dans des domaines d'application particuliers. Le R 404A par contre est intéressant pour les débits élevés à partir de 24 m³/min, du fait de son faible glissement de température.



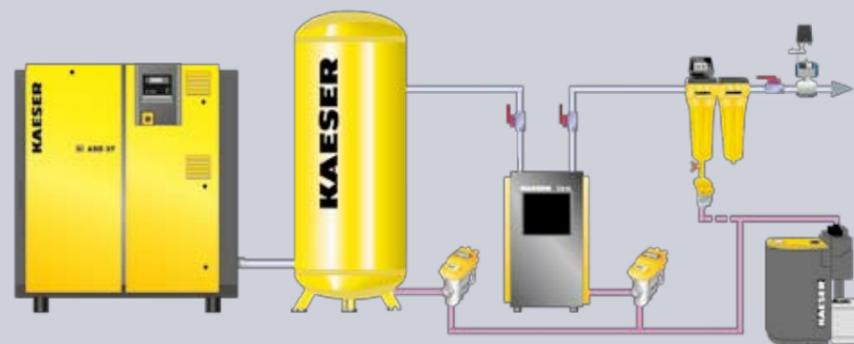
Réfrigérant	Composition Formule	Potentiel d'ozonolyse (angl.: ODP = ozone depletion potential) [R 12 = 100 %]	Potentiel d'efet de serre (angl.: GWP = global warming potential) [R 12 = 100 %]	Glissement de température. Ecart possible entre la température d'évaporation et la température de condensation [K]
H-FCKW Réfrigérant R 22	CHClF ₂	5 %	12 %	0
H-FKW R 134A	CH ₂ F-CF ₃	0 %	8 %	0
Réfrigérant et „Blends“ R 404A	R 143a/125/134a	0 %	26 %	0,7
R 407C	R 32/125/134a	0 %	11 %	7,4

Le condensat est un sous-produit de l'air comprimé aussi inévitable qu'indésirable. Nous avons expliqué dans le chapitre "Pourquoi sécher l'air comprimé?" (p.8) comment il se forme. C'est ainsi qu'un compresseur 30 kW avec



4. Purge fiable des condensats

un débit de 5 m³/min produit, dans des conditions moyennes de service, env. 20 litres de condensat par journée de travail. Ce condensat doit être évacué du circuit d'air afin d'éviter tout défaut de fonctionnement, arrêt de production et risque de corrosion. Ce chapitre informe sur la manière appropriée d'évacuer le condensat et de réaliser d'importantes économies d'énergie.



1. Purge de condensats

Des condensats chargés d'impuretés se forment toujours à différents endroits du circuit d'air comprimé (**Photo ci-dessus**). L'évacuation de ces condensats est absolument indispensable. De sa fiabilité dépendent la qualité de l'air comprimé, la sécurité de fonctionnement et la rentabilité de la station d'air comprimé.

a) Points de collecte et d'évacuation des condensats

Les premiers points de collecte et d'évacuation des condensats sont les organes mécaniques du circuit d'air comprimé. C'est là que sont engendrés 70 à 80% de la totalité des condensats – à condition que les compresseurs soient équipés d'un refroidisseur final efficace.

Séparateur cyclonique:

Il s'agit d'un séparateur mécanique qui sépare les condensats de l'air sous l'effet de la force centrifuge (**Photo ci-dessus**). Pour qu'il puisse donner le meilleur rendement, il doit toujours être raccordé à la production d'air comprimé.

Refroidisseur intermédiaire:

Sur les compresseurs bi-étagés avec refroidisseurs intermédiaires, le condensat se forme aussi au niveau du séparateur du refroidisseur intermédiaire.

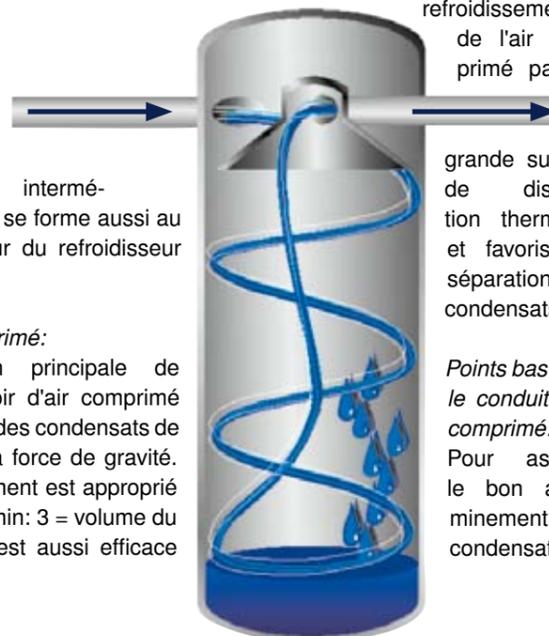
Réservoir d'air comprimé:

Outre sa fonction principale de stockage, le réservoir d'air comprimé assure la séparation des condensats de l'air sous l'effet de la force de gravité. Si son dimensionnement est approprié (débit compresseur/min: 3 = volume du réservoir en m³), il est aussi efficace

qu'un séparateur cyclonique. Il peut cependant, contrairement à ce dernier, être installé sur la tuyauterie collectrice centralisée d'air comprimé de la station de compresseurs, lorsque l'entrée d'air est situé en haut et la sortie d'air en bas. Le réservoir contribue de plus au refroidissement de l'air comprimé par sa

grande surface de dissipation thermique et favorise la séparation des condensats.

Points bas dans le conduit d'air comprimé: Pour assurer le bon acheminement du condensat



dans le réseau d'air comprimé en zone humide, on évitera les entrées et sorties vers le haut et sur les côtés. Les piquages devront être situés aux points bas des conduits pour faciliter l'évacuation du condensat.

Pour une circulation d'air à une vitesse de 2 à 3m/s dans des conditions de service normales, un point d'évacuation d'eau dans une zone humide du circuit d'air comprimé peut séparer le condensat aussi efficacement qu'un réservoir d'air comprimé (**Photo 1**)

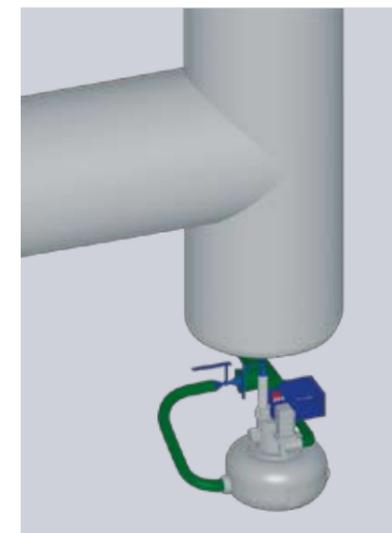


Photo 1: Point bas avec purgeur de condensat

b) Sécheur d'air comprimé

Des points de collecte et d'évacuation de condensat se trouvent également au niveau du séchage de l'air comprimé.

Sécheur frigorifique :

Des condensats se forment également dans le sécheur frigorifique pendant le séchage de l'air par refroidissement.

Sécheur par adsorption:

Le refroidissement dans le conduit d'air comprimé entraîne la formation de condensats au niveau du préfiltre du sécheur par adsorption. Dans le sécheur par adsorption même, l'humidité ne se dégage que sous forme de vapeur, en raison de la pression partielle.

c) Séparateur décentralisé

Lorsqu'il n'y a pas de séchage centralisé d'air comprimé, de grandes quantités de condensats se forment au niveau des séparateurs d'eau installés en amont des consommateurs d'air comprimé. Ces séparateurs nécessitent alors un entretien intensif.

2. Systèmes de purge courants

Actuellement, trois systèmes sont généralement utilisés:

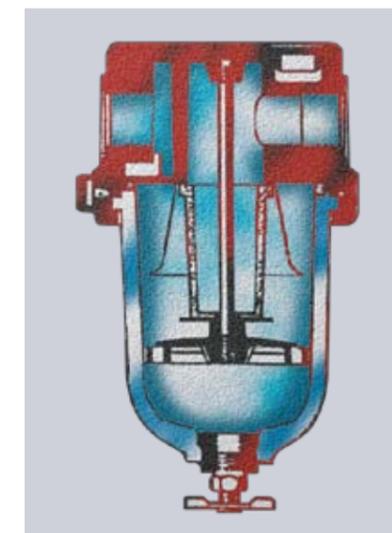


Photo 2: Purgeur à flotteur

a) Purgeur à flotteur (Photo 2)

Le purgeur à flotteur est l'un des plus anciens systèmes de purge; il a remplacé la purge manuelle à la fois antiéconomique et peu fiable. Cette purge de condensat suivant le principe de flotteur s'est cependant avérée sensible aux anomalies du fait des impuretés contenues dans l'air comprimé tout en demandant beaucoup d'entretien.

b) Electrovanne

Les électrovannes offrent une plus grande sécurité de fonctionnement que les purgeurs à flotteur mais il est nécessaire d'en vérifier le colmatage éventuel à intervalles réguliers. Un mauvais réglage des intervalles d'ouverture de soupape peut entraîner des pertes d'air comprimé et par conséquent une plus forte consommation d'énergie.

c) Purgeur de condensat commandé par niveau "ECO DRAIN" (Photo 3)

Aujourd'hui, les purgeurs à commande intelligente par niveau sont généralement utilisés. Ils présentent l'avantage d'être équipés d'une sonde électronique au lieu du flotteur sujet aux anomalies. Cela signifie que, contrairement au purgeur à flotteur, les défauts dus à un colmatage ou à une usure mécanique sont exclus. De plus, un calcul précis des temps d'ouverture de la soupape



Photo 3: "ECO DRAIN" avec vanne d'arrêt

permet d'éviter les pertes d'air comprimé (comme sur le robinet flotteur). La surveillance automatique et la possibilité de transmission des signalisations à un système de contrôle central sont deux autres avantages.

d) Installation appropriée

Un court tuyau avec une vanne d'arrêt doit toujours être installé entre le système de séparation de condensat et le purgeur (**Photo 3**).

Le purgeur peut ainsi être isolé lors des travaux d'entretien sans qu'il soit nécessaire d'arrêter la station d'air comprimé.

La production d'air comprimé entraîne la formation d'une grande quantité de condensat (voir aussi chapitres 3 et 4). La désignation "condensat" peut porter à croire qu'il ne s'agit que de vapeur d'eau

5. Traitement économique et fiable du condensat

condensée. Mais attention! Chaque compresseur agit comme un aspirateur surdimensionné : Il aspire avec l'air pollué de l'atmosphère toutes les impuretés qui se retrouvent ensuite sous forme concentrée dans le condensat de l'air comprimé non encore traité.

1. Pourquoi traiter les condensats?

Les utilisateurs d'air comprimé qui se contentent d'évacuer le condensat dans la canalisation encourent des sanctions graves. La raison: Le condensat engendré par la production de l'air comprimé est un mélange nocif. Il contient, du fait de la pollution, non seulement des particules solides, mais aussi des hydrocarbures, dioxydes de soufre, du cuivre, du plomb, du fer et diverses autres substances. L'évacuation des condensats engendrés par les compresseurs est régie par la loi sur le régime des eaux. Celle-ci prescrit le traitement obligatoire de toute eau polluée et s'applique à tous les condensats d'air comprimé, même ceux engendrés par les compresseurs non lubrifiés.

Il existe pour toutes les matières polluantes et pour le potentiel hydrogène des valeurs de consigne légales. Elles sont définies différemment, suivant le secteur d'activité. Par exemple le

condensat ne peut être déversé dans la canalisation des eaux usées que si sa teneur en hydrocarbures ne dépasse pas 20 mg/l et si sa plage de PH se situe entre 6 et 9.

2. Les types de condensat

a) Dispersion

Le condensat engendré par l'air comprimé peut être de différentes natures. Les dispersions se retrouvent généralement dans les compresseurs à vis refroidis par fluide, utilisant des fluides de redondissement synthétiques tels que le "Sigma Fluid S460". Ce condensat peut être classé ni acide ni basique, sa valeur pH variant normalement entre 6 et 9. Les impuretés aspirées avec l'air atmosphérique sont retenues dans la couche d'huile nageant en surface et dont la séparation de l'eau s'effectue sans problème.

b) Emulsion

L'aspect laiteux du liquide qui, même après plusieurs jours, ne se dissocie pas, signale la présence d'émulsions (Photo ci-dessus). Il n'est pas rare de retrouver ce type de condensat dans les compresseurs à pistons, à vis et à palettes utilisant des huiles d'usage courant.

Ici aussi, les matières polluantes sont mélangées aux matières huileuses. Le mélange compact et stable formé par l'eau, l'huile et les impuretés telles que les poussières et les métaux lourds ne permet pas une séparation par la force centrifuge. Si la teneur en huile présente de plus un indice en ester, le condensat risque d'être agressif et doit être neutralisé. Ce type de condensat ne peut être traité qu'au moyen de dispositifs de clivage d'émulsions.



c) Condensats engendrés par les compresseurs non lubrifiés

Le condensat engendré par les systèmes de compression non lubrifiés présente tout de même une teneur en

huile estimable du fait de la pollution toujours plus importante. Il contient de plus un taux élevé de dioxyde de soufre, de métaux lourds et/ou de particules solides. Par conséquent, ce condensat est agressif, sa valeur pH se situe entre 3 et 6. Ce type de condensat ne peut pas être déversé dans la canalisation des eaux usées, quoiqu'on en dise.

3. Elimination externe

Il est naturellement possible de collecter le condensat et de le faire éliminer par des entreprises spécialisées. Ce mode d'élimination coûte toutefois entre 40 et 150 €/m³ selon la nature du condensat. Compte tenu des quantités de condensats engendrés, un traitement par l'utilisateur est souvent très rentable. Il permet de réduire la quantité initiale de condensat à éliminer selon les techniques écologiques à seulement 0,25%.

4. Méthodes de traitement

a) Dispersions

Généralement, un séparateur à trois compartiments composé de deux compartiments de séparation préliminaire

et d'un compartiment de filtration sur charbon actif suffit au traitement de ce type de condensat. La séparation proprement dite s'effectue par gravité.

Les systèmes de séparation par gravité tels que cet appareil assurent le traitement fiable et économique des dispersions du condensat



L'huile nageant en surface dans le compartiment de l'appareil est amenée dans un réservoir collecteur pour être éliminée selon les techniques écologiques. Le condensat résiduel est alors soumis à une filtration à deux étages et peut ensuite être déversé dans la canalisation des eaux usées. La séparation centrifuge permet d'économiser jusqu'à 95% de ce que coûterait l'élimination des condensats d'origine par une entreprise spécialisée. Les séparateurs d'aujourd'hui sont adaptés pour des débits de compresseur jusqu'à 105 m³/min. Pour des débits plus importants, il suffit d'utiliser plusieurs séparateurs.

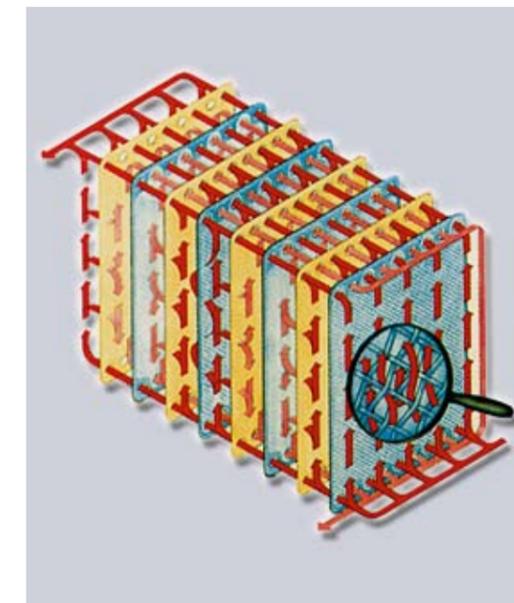
b) Emulsions

Deux types d'appareil sont généralement utilisés pour le traitement des émulsions stables: les systèmes de séparation à diaphragme travaillent suivant le principe de l'ultrafiltration qui applique le procédé Cross-Flow. Le condensat préfiltré se répand sur les membranes. Une partie du liquide passe à travers et quitte l'appareil sous forme d'eau épurée pouvant être déversée dans la canalisation des eaux

usées. Un autre système de séparation utilise un agent séparateur pulvérisé qui enrobe les particules d'huile, les transformant en flocons faciles à filtrer. Leur filtration est assurée par des filtres d'une texture déterminée. Le condensat ainsi filtré peut être déversé dans la canalisation des eaux usées.

c) Condensats engendrés par les compresseurs non lubrifiés

Le condensat engendré par les compresseurs non lubrifiés doit être traité par des systèmes de séparation chimique. L'un de ces procédés est la neutralisation du pH par addition de matières basiques et par liaison et concentration de la part de métaux lourds en un gâteau de filtrage à éliminer suivant les techniques écologiques. Ce procédé est le plus coûteux. Les autorisations spéciales pour le déversement de ce condensat ne concernent pas seulement son éventuelle teneur en huile mais aussi la concentration des diverses matières aspirées avec l'air de l'atmosphère. Celles-ci peuvent polluer fortement le condensat.



Les séparateurs à diaphragmes sont l'un des systèmes utilisés pour le traitement des émulsions stables du condensat.

Chaque compresseur aspire avec l'air de l'atmosphère des vapeurs d'eau et des impuretés. L'huile et les matières polluantes doivent être séparées du condensat (Photo ci-dessus) engendré par la compression de l'air, avant que celui-ci ne puisse être déversé dans les canalisations des eaux usées.

Malgré tous ses avantages, l'air comprimé est un vecteur d'énergie coûteux. Par conséquent, il faut chercher à réduire les coûts. Dans de nombreux cas d'application, les coûts surélevés résultent souvent d'une



6. Gestion efficace des compresseurs

mauvaise adaptation des débits des compresseurs aux variations de la consommation d'air comprimé. Il n'est pas rare que les compresseurs ne soient exploités qu'à 50% seulement. De nombreux utilisateurs n'en prennent pas conscience si leurs compresseurs ne sont équipés que d'un compteur d'heures de service mais non pas de compteur d'heures en charge. Les systèmes de commande appropriés sont alors une aide efficace: ils permettent d'augmenter le taux de charge à 90% et d'obtenir ainsi une économie d'énergie de 20% et plus.

pendant ne réduisent que la sollicitation des composants sous pression du compresseur alors que le moteur continue de tourner pendant un certain temps, consommant de l'énergie en pure perte. Durant cette marche à vide, les compresseurs consomment encore près de 20% de l'énergie consommée en pleine charge.

b) Variation de fréquence

Les compresseurs dont la vitesse de rotation est réglée par un variateur de fréquence n'ont pas un rendement constant dans leur plage de réglage. Avec un moteur de 90 kW, il se réduit par exemple dans une plage de réglage entre 30 et 100% de 94 à 86%. A cela s'ajoute la perte due au variateur de fréquence et aux variations de puissance des compresseurs.

Employés mal à propos, les systèmes VF peuvent devenir énergivores à l'insu de l'utilisateur. La variation de fréquence n'est donc pas un moyen infaillible pour réduire au maximum la consommation énergétique des compresseurs.

2. Classification de la consommation d'air

Généralement, les compresseurs sont classés selon leur fonction pour charge de base, pour charge moyenne ou charge de pointe ou de soutien.

a) Consommation d'air en charge de base

Il s'agit de la quantité d'air requise par une entreprise en permanence.

b) Consommation d'air en charge de pointe

Il s'agit de la quantité d'air requise lors des pointes de consommation. Elle varie en fonction des demandes d'air des différents outils pneumatiques alimentés.

Pour pouvoir remplir au mieux leurs diverses fonctions, les compresseurs doivent être équipés de différentes commandes. Celles-ci doivent être en mesure, en présence d'un défaut du système de gestion prioritaire, d'intervenir pour éviter un arrêt du compresseur et une interruption de l'approvisionnement en air comprimé.

3. Commande prioritaire

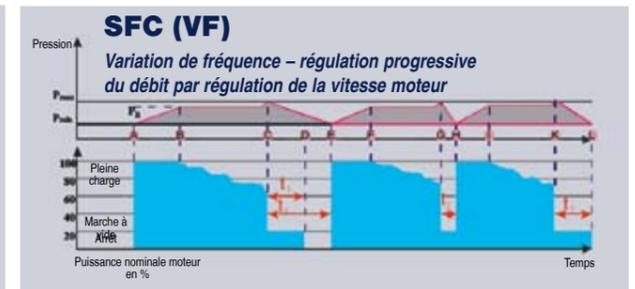
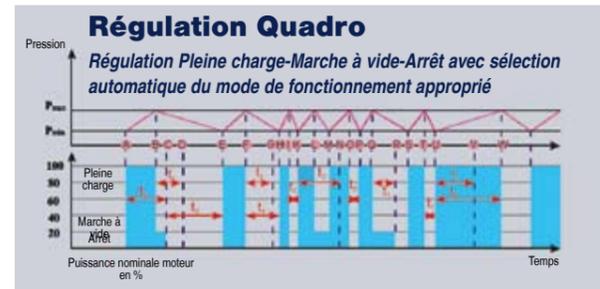
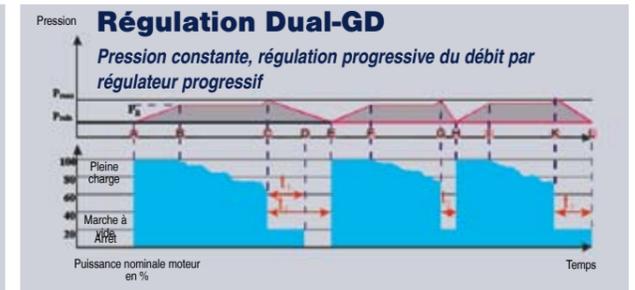
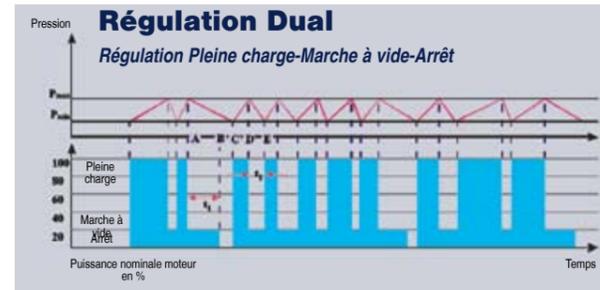
Les commandes prioritaires sont des systèmes qui coordonnent le fonctionnement des compresseurs d'une station d'air comprimé et mettent en marche ou arrêtent les appareils en fonction de la consommation d'air.

a) Splitting des compresseurs

Le splitting est la répartition des compresseurs de puissance et de régulation identiques ou différentes entre la charge de base et la charge de pointe suivant la consommation réelle d'air.

b) Fonctions des systèmes de régulation

La coordination des compresseurs est une tâche aussi délicate que complexe. Pour être à la hauteur de cette tâche, les systèmes de gestion prioritaires d'aujourd'hui doivent non seulement



La commande interne de compresseur "Sigma Control KAESER" comporte quatre concepts de gestion pour la configuration

être en mesure de commander la mise en service au moment opportun de compresseurs de types et de puissances différents, mais aussi d'assurer la surveillance de leur nécessité d'entretien et la répartition de leur charge, de détecter les défauts éventuels afin de limiter les coûts d'entretien de la station d'air comprimé et d'optimiser la sécurité de fonctionnement.

c) Régulation appropriée

Une condition essentielle de l'efficacité - c'est à dire de l'aptitude à économiser l'énergie - d'une commande prioritaire est une régulation appropriée des compresseurs. Le débit total des appareils pour la charge de pointe doit être supérieur au débit du compresseur de base suivant à mettre en service. Si un compresseur à variation de vitesse est utilisé pour la charge de pointe, sa plage de réglage doit être conséquemment supérieur au débit du compresseur suivant à mettre en service. Sinon, la rentabilité de l'alimentation en air comprimé ne peut pas être garantie.

d) Transmission fiable des données

Une autre condition essentielle au fonctionnement sans défaut et à l'efficacité d'une commande prioritaire est la fiabilité de la transmission des données. Non seulement les signalisations individuelles des différents compresseurs

mais aussi les messages entre les compresseurs et le système de gestion prioritaire doivent être transmis. Par ailleurs, le circuit de signalisation doit rester sous surveillance afin que les défauts tels qu'une rupture de câble puissent être détectés aussitôt.

Voies de transmission courantes:

1. Contacts sans potentiel
2. Signaux analogiques 4 – 20 mA
3. Interfaces, par ex. RS 232, RS 485 ou Profibus DP.

Le Profibus permet la transmission rapide des données de la station de compresseurs au système de gestion prioritaire



Une technique de transmission des plus modernes est le Profibus. Il permet la transmission rapide de grandes quantités de données sur de grandes distances (Photo ci-dessous). Ainsi, les systèmes de gestion prioritaires ne doivent pas être installés obligatoirement dans la station d'air comprimé.

Les stations d'air comprimé se composent généralement de plusieurs compresseurs de même taille ou de tailles différentes. Une commande prioritaire est nécessaire pour coordonner chacun de ces appareils. Autrefois, cette



7. Commande par pression – Adaptation optimale des compresseurs aux consommations réelles d'air comprimé

tâche était relativement simple: il suffisait d'alterner des compresseurs de même taille dans la fonction charge de base pour obtenir une répartition égale de leur charge. Aujourd'hui, elle est plus complexe: la production d'air comprimé doit être exactement adaptée aux besoins de l'utilisateur et donner le meilleur rendement énergétique. En principe, il existe deux différents systèmes de gestion prioritaire de compresseurs : la commande en cascade et la commande par pression.

1. Commande en cascade

La commande en cascade est la méthode classique de couplage de compresseurs pour une gestion en série. Pour cela, un point de commutation inférieur et un point de commutation supérieur sont attribués à chaque compresseur. Si plusieurs compresseurs doivent être coordonnés, leur régulation de manière échelonnée rappellera un escalier ou une cascade. Lorsque la consommation d'air est faible, un seul compresseur est mis en service, la pression de ce compresseur se situe alors dans la plage supérieure, entre la valeur minimale (p_{min}) et la valeur

maximale (p_{max}) et baisse en cas d'augmentation de la consommation d'air et de mise en service de plusieurs compresseurs (Photo 1). La constellation qui en résulte n'est guère favorable: lors d'une faible consommation d'air, la pression dans le circuit atteint le niveau maxi avec une augmentation des pertes d'énergie dues aux fuites; lors d'une forte consommation d'air, la pression baisse et la réserve de pression dans le circuit se réduit.

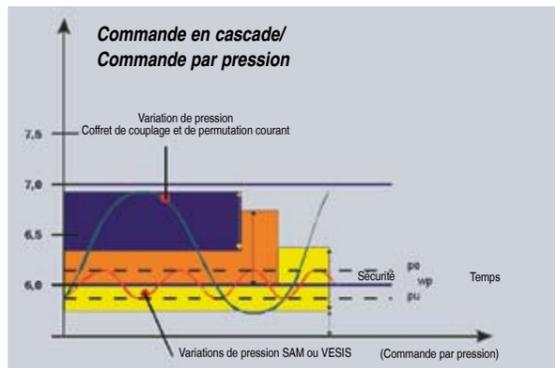


Photo 1: Différences de variations et de réduction de pression entre les commandes en cascade (coffrets de couplage et de permutation) et les commandes par pression ("SAM" ou "VESIS")

a) Commande en cascade avec contacteur manométrique

Si la commande en cascade est activée par pressostat ou par manomètre, la pression différentielle minimale de commutation doit généralement être réglée à 0,5bar pour chaque compresseur pendant que l'écart entre les

différents points de commutation doit être d'au moins 0,3bar. Avec quatre compresseurs, la quantité maximale recommandée pour ce type de commande, la pression différentielle minimale de commutation est généralement de 1,4bar.

b) Commande en cascade avec pressostat électronique

L'utilisation d'un pressostat électronique permet de réduire les pressions différentielles de commutation entre la pression maximale et la pression minimale à 0,2bar de même que les écarts entre les points de commutation. Dans les conditions favorables, une pression différentielle de 0,7bar peut être atteinte. Comme mentionné précédemment, il est vivement déconseillé d'accoupler plus de 4 compresseurs à une commande en cascade. Il pourrait en résulter de très importantes pertes d'énergie et de charge du fait du grand écart de pression.

2. Régulation de la plage de pression

Un système de coordination de plusieurs compresseurs, incontestablement plus moderne, particulièrement face aux hautes exigences d'efficacité citées précédemment, est la commande par pression. Ce système permet, à

l'aide d'une seule plage de pression, de coordonner autant de compresseurs que nécessaire (Photo 1). Une condition indispensable est cependant l'utilisation d'un système de gestion par microprocesseur ou mieux encore, d'un PC industriel avec une technique de commande intelligente. La commande par pression offre également diverses possibilités.

a) Commande vectorielle

La commande vectorielle détermine la hausse ou la baisse de pression entre les pressions minimale et maximale définies pour ensuite calculer la consommation d'air. Les compresseurs sont pratiquement commandés par rétrospective, en fonction de ce qui a

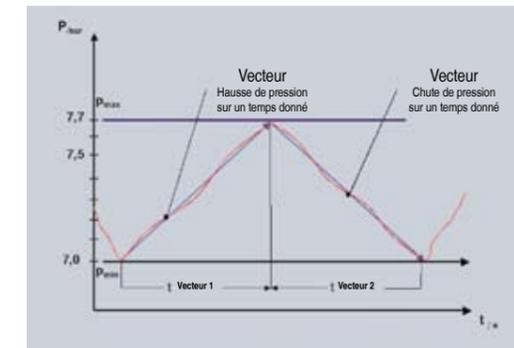


Photo 2: Commande vectorielle de compresseurs

été consommé (Photo 2). Dans les systèmes d'air comprimé à consommation d'air variable, des vibrations peuvent se produire dans le réseau de tuyauteries, entraînant la nécessité d'un amortissement. C'est alors que l'adaptation des compresseurs prend une importance particulière. Généralement, ce mode de commande ne permet pas de réduire la pression différentielle à moins de 0,5bar car la mesure est effectuée dans la plage entre pression minimale et pression maximale.

b) Commande par pression avec détermination de tendance

Plus efficace encore que la commande vectorielle, la commande par pression avec détermination de tendance permet d'obtenir des pressions différentielles de seulement 0,2bar. Cette valeur est actuellement reconnue la plus basse dans la technique de l'air comprimé. La

détermination de tendance ne se base pas sur le calcul de la hausse ou de la baisse immédiate de pression dans une période définie. La commande observe plutôt le profil de consommation dans le circuit d'air comprimé après la mise en marche d'un compresseur et tire

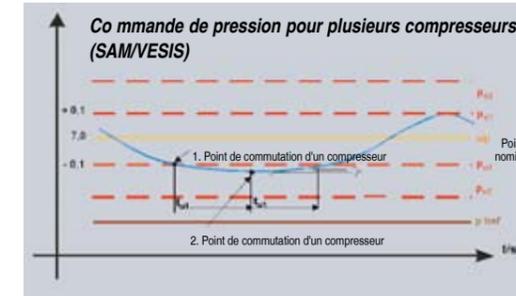


Photo 3: Commande par pression avec détermination de tendance (ci-dessus)

les conclusions en conséquence pour les mises en circuit suivantes (Photo 3). Ainsi la détermination de tendance, travaillant avec une précision de 0,01 à 0,03bar, reste toujours actuelle ce qui permet à la commande de coordonner de manière optimale même les compresseurs avec de fortes variations de consommation

et d'obtenir des pressions différentielles minimales. Il est aujourd'hui possible de relier 16 compresseurs entre eux pour leur commande en série dans une plage de pression de seulement 0,2bar. La bande de pression est, pour les situations d'urgence, sécurisée par une bande dite de secours, si bien que la fiabilité de l'alimentation en air comprimé reste assurée. Ces commandes peuvent contribuer pour une grande part à économiser l'énergie dans les systèmes d'air comprimé. En effet: une baisse de pression de 0,1 bar représente déjà une économie d'énergie d'1%.

c) Commande en fonction de la charge de pointe

Les commandes par pression avec détermination de tendance répartissent les compresseurs en groupes en fonction de leur puissance. Elles sont ainsi non seulement en mesure d'as-

surer une répartition égale de leurs heures de service et heures en charge mais aussi de sélectionner le compresseur le mieux approprié au moment le plus opportun (Photo 4). La condition essentielle est cependant une répartition (splitting) optimisée. Cela signifie que les compresseurs de puissance identique ou différente seront répartis pour la charge de base ou la charge de pointe selon la consommation d'air (voir aussi chapitre "Gestion efficace des compresseurs").

Ce mode de commande de compresseurs, le plus rentable actuellement, requiert néanmoins l'échange et le traitement d'une grande quantité de données. Seuls les PC industriels

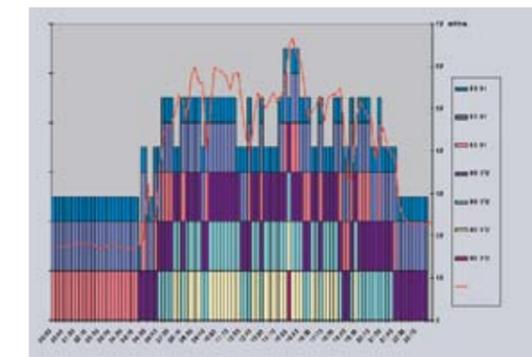


Photo 4: Meilleure sollicitation des compresseurs par une répartition (splitting) optimisée et une coordination efficace

intelligents tels que le "SIGMA AIR MANAGER" (SAM) proposé par KAESER sont en mesure de traiter ces quantités de données. Les PC industriels se laissent également raccorder aux systèmes de gestion prioritaire et remplissent en même temps que la fonction d'une commande hautement performante, celle d'un serveur Web avec pages programmées en HTML. Il est ainsi possible, sans logiciel spécial, de saisir les données de fonctionnement des compresseurs, le taux de charge et le rendement de toute la station d'air comprimé, de visualiser les données sous une forme compréhensible, de les analyser et de réagir en conséquence (voir aussi page 27 "SIGMA AIR MANAGER").

Face à la hausse continue des prix de l'énergie, son économie est devenue une nécessité non seulement écologique mais économique. Les constructeurs de compresseurs proposent à cette fin une multitude de possibilités



8. Economie d'énergie par la récupération des calories

comme par exemple la récupération des calories émises par les compresseurs à vis.

1. Les compresseurs produisent en premier lieu de la chaleur

Cela peut surprendre mais toute l'énergie consommée par un compresseur est transformée à 100% en chaleur. L'air dans le compresseur se charge d'un potentiel d'énergie lors de sa compression. Cette masse énergétique, détendue à la pression atmosphérique, refroidie et réchauffée à la température ambiante, peut être réutilisée.

2. Jusqu'à 94% d'énergie réutilisable

72% des calories récupérables, soit la plus grosse part, se trouvent dans l'agent réfrigérant des compresseurs à injection d'huile ou de fluide; 13% dans l'air comprimé et jusqu'à 9% dans la perte de chaleur du moteur d'entraînement électrique. Sur les compresseurs à vis refroidis par huile ou par fluide, de construction carrossée, il est même possible de récupérer cette perte de chaleur du moteur électrique par un refroidissement approprié. Ce sont donc jusqu'à 94% de l'énergie consommée par le compresseur qui peuvent être réutilisés pour le chauffage. Seuls 2% des calories sont dissipés par rayonnement alors que 4% sont retenues dans l'air comprimé (voir le diagramme de répartition, page 19).

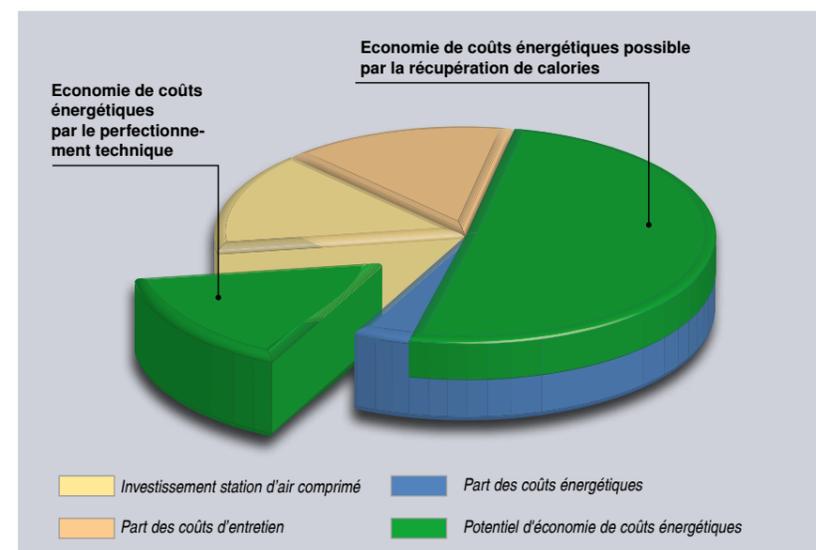
3. Les possibilités de récupération de calories

Les utilisateurs soucieux d'une rentabilité maximum de leur station d'air comprimé peuvent choisir entre différentes versions de récupération de calories.

a) Production d'air chaud

Sur les compresseurs à vis refroidis par air et par huile ou par fluide, la formule de récupération de calories la plus simple consiste à réutiliser directement l'air de refroidissement réchauffé par le compresseur. L'air chaud est canalisé vers les zones nécessitant un apport calorifique. Cet air chaud peut naturellement être utilisé pour d'autres usages tels que les processus de séchage, les dispositifs de fermeture de porte ou le

préchauffage de l'air de combustion. Des registres ou dispositifs à volets à commande manuelle ou automatique évacuent l'air chaud vers l'extérieur lorsqu'il ne doit pas être utilisé. Une régulation thermostatique des registres permet d'adapter exactement le débit d'air chaud nécessaire pour obtenir des températures toujours constantes. Cette formule permet de réutiliser jusqu'à 94% de la puissance électrique absorbée par un compresseur à vis. Elle peut s'avérer tout aussi rentable avec des compresseurs de petite taille, car l'énergie calorifique produite par un compresseur de 18,5 kW suffit déjà pour le chauffage d'une maison familiale.



Coûts réduits sur la durée de vie totale de l'appareil et économie d'énergie par la récupération de calories



Installation de gaines d'évacuation d'air



Gaine de conduite d'air pour le chauffage des locaux attenants

b) Production d'eau chaude

L'installation d'un échangeur de chaleur sur le circuit de fluide des compresseurs à vis à refroidissement par air ou par eau permet de produire de l'eau pour des usages divers. Un échangeur de chaleur à plaques ou un échangeur de chaleur de sécurité sera utilisé, selon l'usage prévu de l'eau chaude: alimentation d'un réseau de chauffage central ou à usage sanitaire ou processus de fabrication ou de nettoyage de pièces. Ces échangeurs de chaleur permettent

de produire de l'eau chaude jusqu'à 70 °C. Les frais d'investissement de ce mode de récupération de calories avec des compresseurs à partir de 18,5 kW peuvent être amortis en l'espace de 2 ans, à condition toutefois d'une planification dans les règles.

4. Observation des mesures de sécurité

En principe, le système de refroidissement primaire du compresseur ne doit jamais être utilisé pour la récupération

des calories. La raison: une éventuelle panne de la récupération des calories compromettrait également le refroidissement du compresseur et par conséquent la production d'air comprimé. C'est pourquoi, il y aura toujours lieu d'équiper le compresseur d'échangeurs de chaleur supplémentaires, spécialement pour la récupération de calories. En présence d'un défaut, le compresseur peut veiller à sa propre sécurité de fonctionnement: si l'évacuation thermique ne s'effectue pas par l'échangeur de chaleur fluide/eau du système de récupération de calories, le compresseur se permute sur le système de refroidissement air ou eau primaire sans perturber l'alimentation en air comprimé.

5. Conclusion

La récupération des calories représente un moyen sûr de maximiser la rentabilité d'une station d'air comprimé tout en préservant l'environnement. L'investissement nécessaire est relativement faible. Il varie selon les conditions ambiantes du lieu d'installation, l'utilisation prévue et le mode de récupération de calories choisi.

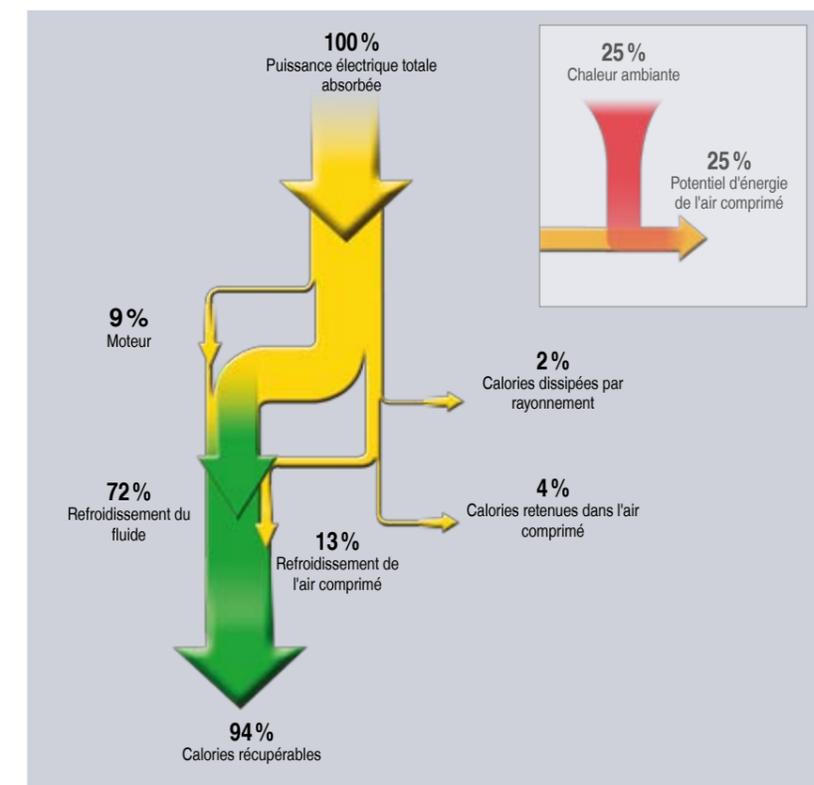


Diagramme de répartition :

L'air comprimé est un vecteur d'énergie polyvalent mais pas spécialement bon marché. Il ne devient rentable que si sa production, son traitement et sa consommation sont parfaitement adaptés.



9. Eviter les pertes d'énergie (1)

Précautions à prendre lors de la planification et de la mise en place d'un réseau d'air comprimé

Une planification et une mise au point adéquates de la station de compresseurs mais aussi un dimensionnement et une installation appropriés du réseau d'air comprimé sont pour cela nécessaires.

1. Production économique d'air comprimé

Tous les coûts d'énergie, d'agent réfrigérant, d'entretien et d'amortissement d'un compresseur pris en considération, le prix du mètre cube d'air qui dépend aussi de la puissance, la charge, l'état et la conception du compresseur peut varier dans une fourchette très large et alourdir les charges de l'entreprise. Nombreuses sont les entreprises qui, de ce fait, attachent une importance particulière à la rentabilité de la production d'air comprimé. C'est ce qui explique l'énorme succès que connaissent les compresseurs à vis refroidis par huile ou par fluide: ces appareils permettent une réduction des coûts de production d'air comprimé jusqu'à 20%.

2. Le traitement

influe sur le réseau d'air comprimé
En revanche, le traitement de l'air comprimé en fonction du cas d'utilisation ne trouve qu'un faible intérêt, ce qui est fort regrettable car les coûts d'entretien des outils pneumatiques et du réseau de tuyauterie ne se laissent réduire qu'avec un air comprimé traité dans les règles.

a) Les sécheurs frigorifiques réduisent les nécessités d'entretien

Les sécheurs frigorifiques suffisent au traitement de l'air comprimé dans près de 80% de tous les cas d'utilisation. Ils dispensent souvent des filtres dont l'installation sur le réseau de tuyauteries entraîne des pertes de charge; leurs coûts d'énergie correspondent à près de 3% des coûts d'énergie d'un compresseur produisant un débit d'air équivalent. Par contre, l'économie de coûts qu'ils permettent de réaliser du fait d'une réduction des nécessités d'entretien et de dépannage du réseau de tuyauteries et des outils pneumatiques représente 10 fois leur coût énergétique.

b) Ensembles de faible encombrement

Il existe, pour les petites entreprises ou pour les usines nécessitant une alimentation en air comprimé décentralisée, des ensembles compacts composés d'un compresseur à vis, d'un sécheur frigorifique et d'un réservoir d'air comprimé (Photo à droite) ou d'un compresseur à vis monté sur un sécheur frigorifique.

3. Planification et mise en place d'un réseau d'air comprimé

Il s'agit en premier lieu de déterminer si l'alimentation en air comprimé sera centralisée ou décentralisée. L'alimentation centralisée se prête généralement mieux aux petites et moyennes entreprises non confrontées aux inconvénients résultant des vastes réseaux décentralisés d'air comprimé: coûts d'installation

élevés, risque de givrage en hiver des conduites externes insuffisamment isolées, fortes chutes de pression dues aux longues tuyauteries.

a) Dimensionnement approprié du réseau

Le dimensionnement du réseau de tuyauterie doit en tous cas être déterminé par un calcul prenant pour base une chute de pression maximale de 1 bar entre le compresseur et les outils pneumatiques, traitement standard d'air comprimé (sécheur frigorifique) inclus.

Les pertes de charge sont évaluées en détail comme suit (Photo à droite):

Tuyau principal ①	0,03 bar
Tuyau distributeur ②	0,03 bar
Tuyau d'alimentation ③	0,04 bar
Sécheur ④	0,20 bar
Unité d'entretien et Flexible ⑤	0,50 bar
Total max.	0,80 bar



Cette répartition montre l'importance d'un calcul des pertes de charge aux différents points de la tuyauterie. Les raccords et organes d'isolement sont également à prendre en considération. Il ne suffit donc pas de prendre le métrage linéaire de la tuyauterie et d'appliquer une table de calcul ou une formule. Les longueurs de tuyauterie sont à déterminer selon la technique des fluides. Il est généralement difficile, en début de planification, de se représenter les raccords et organes d'isolement dans



leur ensemble. On multipliera alors le métrage linéaire de tuyauterie par 1,6. Les diamètres des tuyaux sont ensuite calculés simplement, en fonction du diagramme de dimensionnement courant (voir Photo à droite).

b) Economie d'énergie à la pose même des tuyaux

Une pose de tuyaux aussi rectiligne que possible permet d'économiser l'énergie. Les sinuosités, par exemple sur le pourtour des piliers de soutien, peuvent être évitées par une pose du tuyau longeant l'obstacle. Les points anguleux des angles droits qui entraînent de fortes pertes de charge peuvent facilement être remplacés par des coudes à 90° à courbure surdimensionnée. Utiliser des robinets d'arrêt ou des soupapes à clapet à passage intégral au lieu des organes d'arrêt d'eau que l'on rencontre encore souvent. Dans les zones

humides du réseau, c'est à dire uniquement dans la salle de compresseurs d'une station d'air comprimé moderne, les entrées et sorties de la conduite principale sont à diriger vers le haut ou du moins à poser en biais. La conduite principale doit avoir une inclinaison de deux pour mille. La possibilité d'évacuation du condensat est à prévoir au point le plus bas de la tuyauterie. Dans les zones sèches par contre, les tuyaux sont à poser horizontalement et les sorties à diriger vers le bas.

toujours utiliser des conduites métalliques dans les compresseurs en raison des sollicitations thermiques élevées. Les prix seuls ne peuvent pas non plus représenter un critère de choix absolu. Les tuyaux galvanisés, en cuivre ou en matière plastique se retrouvent au même niveau de prix lorsque tous les coûts de matériel et d'installation ont été additionnés. Les tuyaux en inox coûtent environ 20% de plus, mais des techniques de traitement plus rentables, développées entretemps, ont ici aussi permis une réduction des prix.

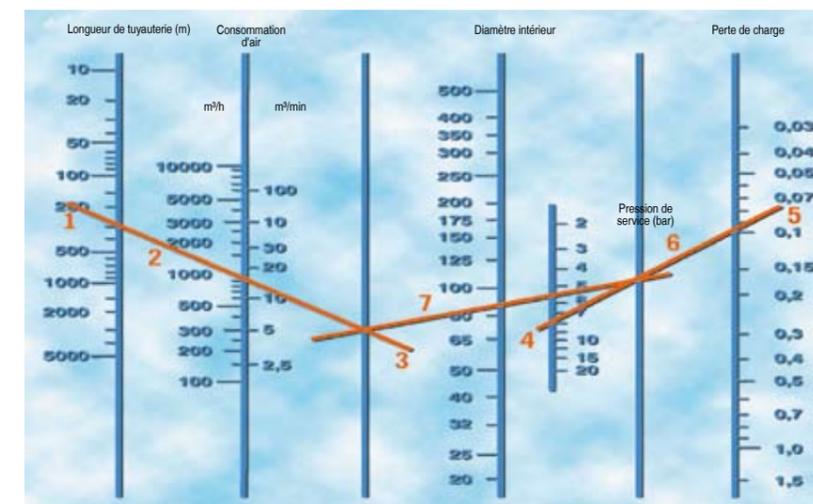
De nombreux fabricants proposent aujourd'hui des tableaux énonçant les conditions optimales des différents matériaux pour tuyauterie. Avant tout investissement, il est recommandé d'étudier soigneusement ces tableaux, de prévoir l'évolution de l'exploitation de la station d'air comprimé, puis d'établir un cahier des charges pour la tuyauterie. Ce n'est qu'ainsi que le meilleur choix sera fait.

d) Important : une technique de raccordement appropriée

Pour raccorder les tuyaux entre eux, les souder, les coller ou les fixer par vis avant de les coller. Leur démontage peut s'avérer difficile, mais ce mode de raccordement réduit sûrement les risques de fuite au strict minimum.

c) De quelle matière les tuyaux doivent-ils être?

Aucun matériau particulier ne peut être recommandé du simple fait de ses propriétés, mis à part le fait qu'il faut



Nombreuses sont les entreprises où l'argent s'envole par milliers d'Euros d'année en année. Une des causes est la flambée de la consommation en énergie du circuit d'air comprimé due à l'ancienneté du réseau de tuyau-

10. Eviter les pertes d'énergie (2) Précautions à prendre lors de la remise à neuf d'un réseau d'air comprimé

teries et/ou à la médiocrité de la maintenance. Qui veut mettre fin à ce gouffre doit agir de façon réfléchie. Voici quelques conseils utiles pour mener à bien la modernisation des réseaux d'air comprimé.

1. Condition primordiale : un air comprimé sec

De nombreuses erreurs et par conséquent les problèmes qui en résultent pourraient être évités dès le départ, au moment même de la planification d'un nouveau réseau d'air comprimé. La modernisation d'un ancien réseau par contre, s'accompagne souvent de certaines difficultés. Elle peut même devenir une gageure, si le réseau reste alimenté par un air comprimé humide. Avant toute modernisation, il faut donc toujours prévoir un dispositif de séchage central.

2. Comment remédier à une trop grande chute de pression réseau ?

Si la chute de pression réseau reste importante malgré l'installation d'un système de traitement approprié, c'est que les tuyaux sont encrassés. Cet encrassement qui provient des impuretés contenues dans l'air comprimé réduit la section de passage à un minimum.

a) Décaper au jet d'air ou remplacer

Les tuyaux fortement encrassés doivent généralement être remplacés. Par contre, si le rétrécissement provoqué

par le dépôt n'est pas trop important comme c'est souvent le cas, il suffit, pour libérer la section de passage, de décaper les tuyaux au jet d'air puis de les sécher.

b) Installation de tuyaux supplémentaires

Une très bonne solution pour répondre aux besoins d'extension de conduites de dérivation trop justes est la pose en parallèle d'une conduite reliée à la conduite de dérivation. De même, si les conduites circulaires sont devenues trop étroites, il suffit de poser une seconde canalisation circulaire (Photo 1). Le dimensionnement approprié d'un tel système de doubles conduites de dérivation et circulaires permet d'obtenir, en plus du résultat principalement escompté d'une sensible réduction de la perte de charge, une distribution d'air comprimé encore plus fiable. Une autre possibilité de modernisation de conduites circulaires consiste en une extension du réseau par ce qu'on

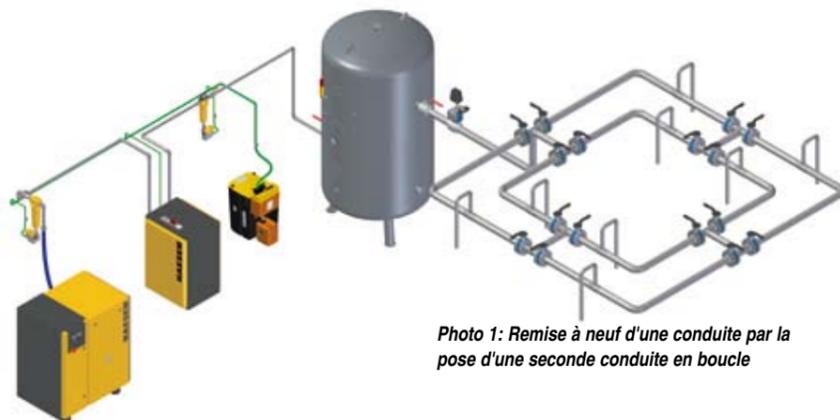


Photo 1: Remise à neuf d'une conduite par la pose d'une seconde conduite en boucle

appelle des mailles intermédiaires (Photo 2).

3. Détection et élimination des fuites

Les mesures de modernisation ne peuvent naturellement donner de bons résultats que si tous les points de fuite du réseau d'air comprimé sont éliminés.

a) Détermination du volume total de fuites

Avant de localiser les différents points de fuite du réseau de tuyauteries, il faut d'abord déterminer l'étendue totale des fuites. Il existe pour cela une méthode relativement simple avec l'aide d'un compresseur: arrêter d'abord tous les consommateurs d'air comprimé puis mesurer les temps de fonctionnement du compresseur dans un intervalle de temps défini (Photo 3).

Le volume de fuites se laisse calculer sur la base de cette mesure, selon la formule suivante:

$$VL = \frac{VK \times \sum t_x}{T}$$

Légende:

VL = Vol. de fuite (m³/min)

VK = Débit d'air du compresseur (m³/min)

$\sum x = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5$

Durée de fonctionnement

en charge du compresseur (min)

T = Durée totale (min)



Photo 2: Extension du réseau de tuyauteries par l'utilisation de mailles intermédiaires

b) Détermination des fuites au niveau des consommateurs

Pour déterminer les fuites au niveau des consommateurs d'air comprimé décentralisés, brancher d'abord tous les outils pneumatiques, appareils et machines, puis mesurer la totalité des fuites (Photo 4). Fermer ensuite les robinets d'arrêt en amont des consommateurs et mesurer les fuites du réseau de tuyauteries (Photo 5).

La différence entre les fuites totales et les fuites du réseau correspond aux fuites au niveau des consommateurs d'air, de leurs robinets et raccords.

4. 4. Où sont situés la plupart des points de fuites?

On sait par expérience que près de 70% des fuites se situent sur les derniers mètres, c'est à dire sur les derniers points de piquage du réseau d'air comprimé. Ces fuites se laissent localiser avec de l'eau savonneuse ou au moyen d'un spray spécial. Les tuyauteries principales ne présentent généralement de nombreuses fuites importantes que si par exemple le vieil étoupage en chanvre d'un réseau à l'origine humide et alimenté en air comprimé sec se dessèche avec le temps.

Pour localiser les fuites du réseau de tuyauteries principales, utiliser de préférence un détecteur à ultra-sons. Les fuites localisées et éliminées, les sections de tuyauteries adaptées à la consommation réelle d'air comprimé, l'ancien réseau (re)devient un système de distribution d'air comprimé rentable.

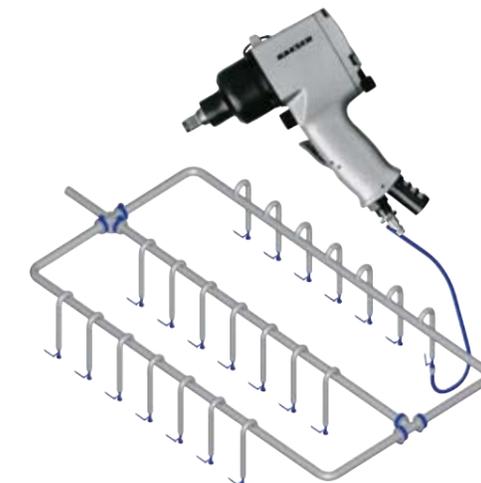


Photo 4 : Mesure des fuites au niveau des consommateurs d'air comprimé

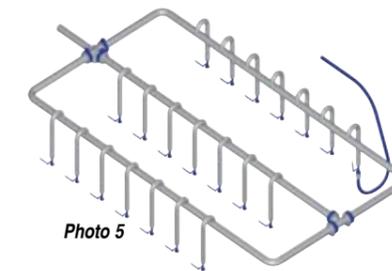
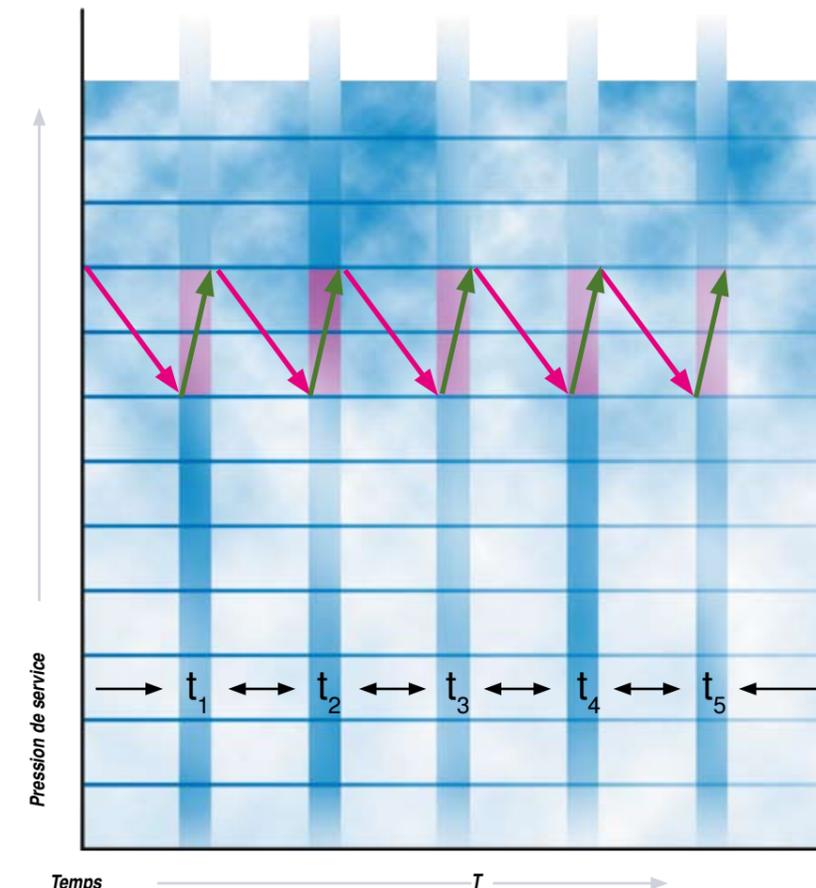


Photo 5



Pression de service

Temps

Photo 3: Détection des fuites par la mesure des temps de fonctionnement du compresseur, tous les consommateurs d'air comprimé débranchés

Les stations de compresseurs modernes sont généralement des systèmes complexes. Une exploitation économique à long terme ne peut être garantie que s'il en est tenu compte lors de la planification, de l'exten-

11. Planification exacte des stations de compresseurs (1)

Analyse du besoin en air (ADA)

sion ou de la modernisation. KAESER propose pour cela un programme complet de prestations. Ce service intègre aux éléments éprouvés tels que les composants d'une station d'air comprimé, le conseil et le service clientèle, les nouvelles possibilités de la technologie de l'information dans le secteur de l'air comprimé.

L'air comprimé trouve aujourd'hui son application dans tous les secteurs industriels. Une condition essentielle pour un rendement optimal dans les domaines d'application les plus diversifiés est la fiabilité des technologies de production et de traitement. Celles-ci doivent permettre la production économique de l'air comprimé dans des quantités et qualités exactement définies.

1. Planification déterminante pour la rentabilité

Un système d'air comprimé au profil requis doit être exactement adapté au(x) cas d'utilisation prévu(s) et aux conditions ambiantes et d'installation. Cela signifie qu'il doit disposer de compresseurs, de dispositifs de traitement et d'un réseau de tuyauteries exactement dimensionnés, d'un système de gestion efficace, d'une technique de ventilation appropriée, d'un traitement fiable des condensats et si possible,

intégrer la possibilité de récupération des calories engendrées par la compression. Ces propriétés sont réunies dans "KESS", le système d'économie d'énergie KAESER. Il englobe l'analyse du besoin en air, la planification (Photo 1), la réalisation, la

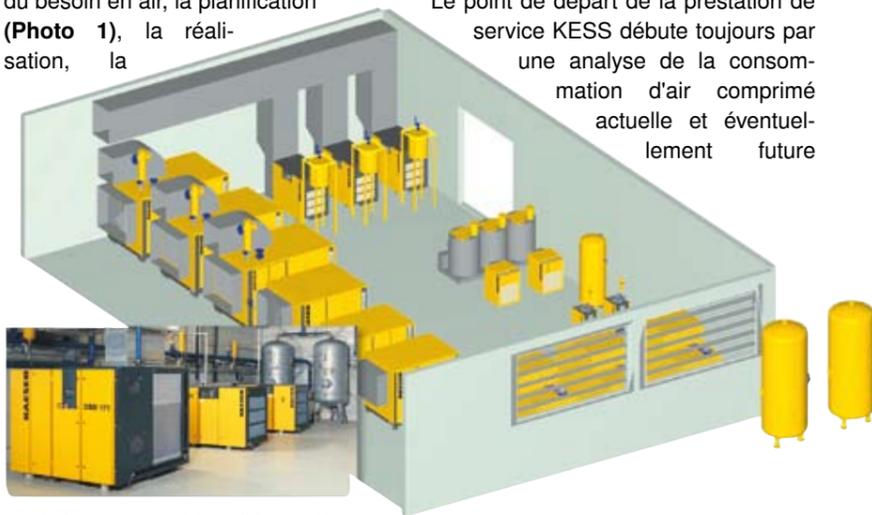


Photo 1: Les représentations 3D de systèmes CAO modernes permettent de planifier les stations de compresseurs dans le plus détail, à la mesure des besoins de l'utilisateur

formation continue et le service après-vente. La qualité du service conseil et la sélection de la technique la plus appropriée aux besoins y jouent un rôle décisif: en fait les plus grands potentiels d'économie

Photo 2: Un questionnaire spécial permet à l'intéressé de déterminer le dimensionnement de sa future station de compresseurs. Il peut être téléchargé directement du site Internet KAESER www.kaeser.com (Rubrique „Services“/„Planification et Conseil“/„Analyse“).

se trouvent dans les coûts d'énergie et d'entretien et non pas à l'achat.

2. Analyse de la Demande d'Air comprimé (ADA)

Le point de départ de la prestation de service KESS débute toujours par une analyse de la consommation d'air comprimé actuelle et éventuellement future

si elle est appelée à se développer. Cette analyse, désignée chez KAESER sous l'appellation ADA (Analyse de la Demande d'Air), doit selon l'utilisation prévue, considérer différentes conditions de base:

a) Planification d'une nouvelle station d'air comprimé

Avant la planification de la station de compresseurs, l'intéressé doit remplir un questionnaire spécial (Photo 2).

Les réponses données lui permettent, dans un travail en partenariat avec un consultant compétent KAESER, d'établir le profil prévisionnel de la consommation d'air comprimé et de déterminer l'équipement nécessaire. Les questions couvrent tous les aspects essentiels d'une alimentation en air comprimé rentable et respectueuse de l'environnement.

b) Extension et modernisation

Contrairement à la nouvelle conception, le projet d'extension offre

suffisamment d'éléments pour définir le dimensionnement approprié.

KAESER tient à la disposition de l'intéressé des procédés et instruments de mesure permettant de déterminer exactement la consommation d'air comprimé aux divers postes de travail à des heures différentes. Il est très important cependant de déterminer non seulement les valeurs moyennes, mais aussi les valeurs maximales et minimales (Photo 3).

c) Contrôle de l'efficacité des stations installées

Lorsque les stations sont déjà installées, il est quand même recommandé de vérifier de temps à autre, au moyen d'un système d'analyse assisté par ordinateur, si le taux de charge des com-

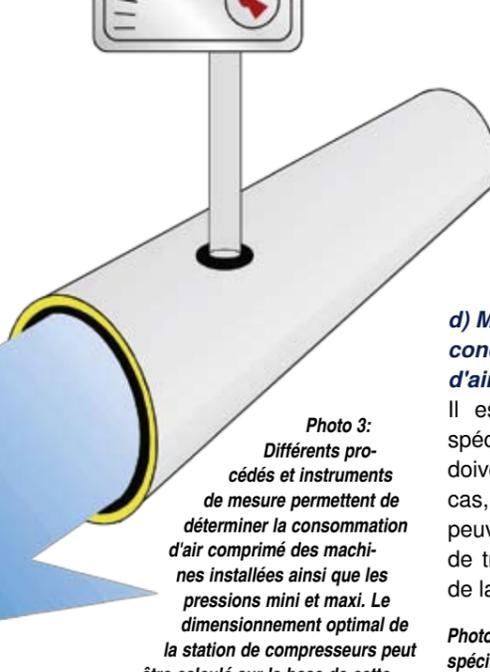
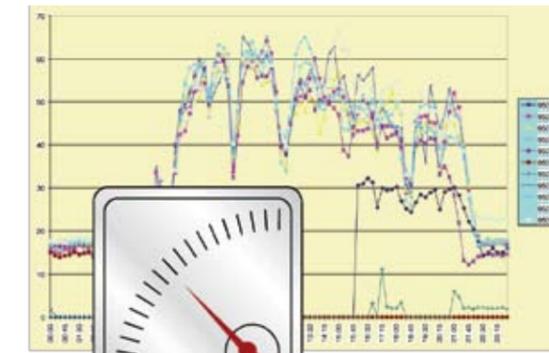


Photo 3: Différents procédés et instruments de mesure permettent de déterminer la consommation d'air comprimé des machines installées ainsi que les pressions mini et maxi. Le dimensionnement optimal de la station de compresseurs peut être calculé sur la base de cette mesure.

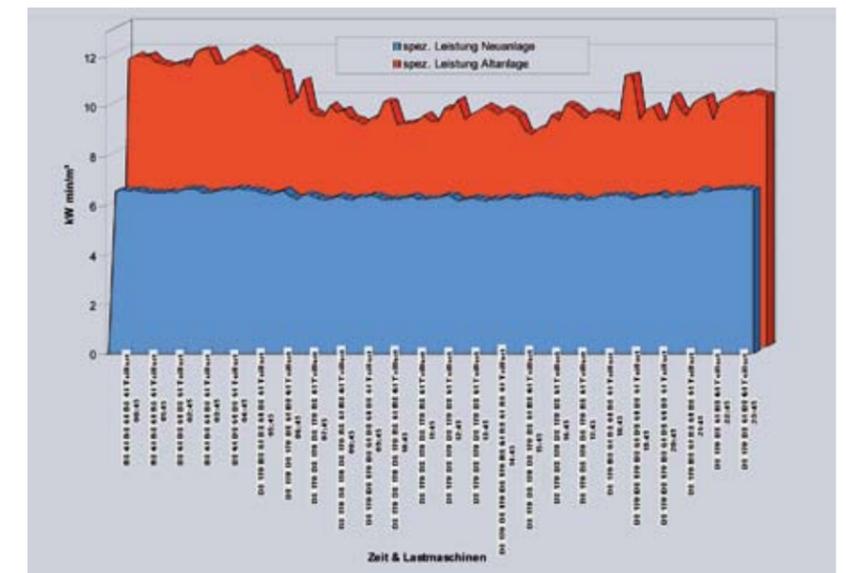
presseurs est (encore) optimal, si les systèmes de gestion prioritaires sont (toujours) correctement programmés et si le taux de fuites se maintient dans la plage de tolérances. Il est également recommandé de faire appel à l'analyse ADA lors du remplacement d'anciens compresseurs par des compresseurs neufs.

Elle permet de corriger les éventuelles erreurs de dimensionnement, d'améliorer la tenue en service des compresseurs en charge partielle et de prévoir un système de gestion prioritaire approprié (Photo 4).

d) Modification des conditions d'utilisation d'air comprimé

Il est recommandé de consulter un spécialiste si les conditions d'utilisation doivent être modifiées. Dans bien des cas, d'énormes économies d'énergie peuvent être réalisées avec un système de traitement approprié ou un réglage de la pression.

Photo 4: le diagramme représente la puissance spécifique absorbée de l'ancienne centrale (courbe supérieure) et de la nouvelle centrale (courbe inférieure)



Gouffre ou aubaine? La production d'air comprimé peut être l'un comme l'autre. La formule magique s'appelle "optimisation du système". Elle permet d'économiser plus de 30% des coûts d'air comprimé moyens des



12. Planification exacte des stations de compresseurs (2)

Définir le concept d'air comprimé le plus rentable

entreprises industrielles européennes. La consommation énergétique, avec env. 70 à 80% représente la plus grande part de ces coûts. Et il y a peu de chance que le coût d'énergie baisse, au contraire, il aura plutôt tendance à augmenter. La détermination du concept d'air comprimé le plus rentable prendra donc pour l'utilisateur une importance toujours plus grande.

Le système d'économie d'énergie KAESER (KESS) comprend entre autres un calcul d'optimisation assisté par ordinateur. Celui-ci permet de sélectionner rapidement parmi les différentes variantes d'approvisionnement en air comprimé la formule la plus rentable pour chaque utilisateur. Le calcul de base des nouvelles planifications s'appuie sur un questionnaire que l'utilisateur, aidé d'un consultant KAESER, remplit avec soin; le questionnaire porte entre autres sur le profil de la consommation d'air comprimé prévue et sur les éventuelles variations de consommation. Pour les stations de compresseurs déjà installées, le calcul de base repose sur la consommation journalière caractéristique déterminée par l'analyse du besoin en air (ADA).

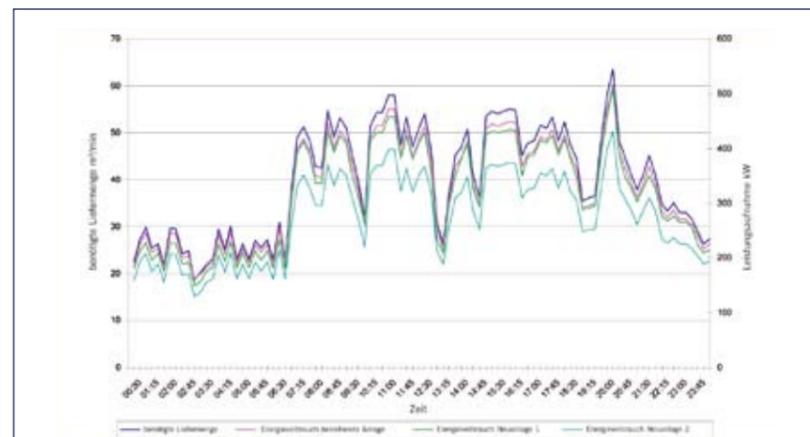


Photo 1: Comparaison de la consommation d'énergie d'une station de compresseurs existante avec celle de nouvelles variantes sur une journée de travail, en fonction de la consommation d'air comprimé

1. Calcul assisté par ordinateur

Pour la modernisation d'une station de compresseurs, les caractéristiques techniques des compresseurs installés et des nouvelles variantes possibles sont enregistrées sur un PC. KESS détermine la variante optimale et les économies de coûts réalisables avec cette formule. Non seulement la consommation énergétique en fonction d'une consommation précise d'air comprimé, toutes pertes de charge incluses, est calculée, il est de plus possible de se représenter exactement les performances spécifiques de la station de compresseurs pendant toute la durée de son fonctionnement (Photo 1). Les éventuels points faibles en charge partielle peuvent ainsi être décelés et éliminés au préalable. Le résultat final est une indication claire des économies de coûts réalisables et de l'amortissement.

2. Panachage

Dans la plupart des cas d'utilisation, une configuration exacte de compresseurs de différentes puissances représente une solution sur mesure. Elle se compose généralement de "gros" compresseurs prioritaires et de secours et de petits compresseurs utilisés pour les charges de pointe. La fonction du système de gestion prioritaire est de veiller à une puissance spécifique nécessaire optimalement équilibrée. Pour cela, il doit être en mesure de sélectionner automatiquement parmi les compresseurs - 16 au maximum - d'une station d'air comprimé les appareils prioritaires et pour charge de pointe les mieux adaptés, avec une plage de variation de pression de seulement 0,2 bar. Les systèmes de gestion intelligents „Vesis“ et „Sigma Air Manager“ de Kaeser sont à la hauteur de ces exigences. Ces

commandes peuvent, par l'intermédiaire d'un système Bus, échanger les données avec les compresseurs et les organes de traitement tels que les purgeurs de condensat et les sécheurs. Elles peuvent de plus être reliées à une station centrale de contrôle et d'instrumentation et lui transmettre toutes les données saisies.

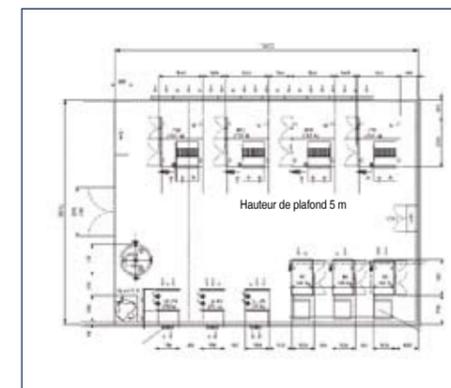


Photo 2 a: Plan d'ensemble de la station de compresseurs d'une usine d'automobiles

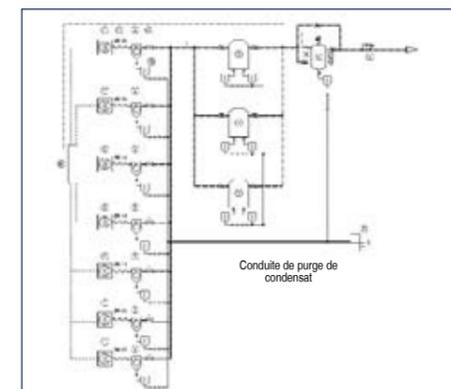


Photo 2 b: Schéma pneumatique (tuyauterie et instruments) de la même station de compresseurs



Photo 2 c: Les animations 3D créées par ordinateur permettent, au stade même de la planification, une visite virtuelle et une vue de la future station sous presque tous les angles.

3. Optimisation de la technique de construction

Lors de la planification ou de la modernisation d'une station de compresseurs, il faut essayer de tirer le maximum de la place disponible. Les systèmes de planification modernes employés par KAESER sont une aide efficace. Ils font entrer dans le processus de planification non seulement les plans d'ensemble et les schémas pneumatiques (Tuyauterie et Instruments) mais aussi les animations et représentations 3D créées par ordinateur. Ainsi par exemple, il est souvent possible aujourd'hui, même dans les espaces restreints, de recourir au refroidissement par air de près 30 à 40% plus économique que le refroidissement par eau. L'avantage de pouvoir déceler et éliminer les éventuels défauts au stade même de la planification est une contribution appréciable à l'optimisation de la technique de construction des stations (Photos 2a, 2b, 2c).

4. Optimisation du fonctionnement et contrôle de gestion

Pour assurer une rentabilité durable de la production d'air comprimé, un rapport coût/rendement optimal ne suffit pas, la transparence est de plus indispensable pour atteindre une bonne efficacité du contrôle de gestion. L'élément de base est la commande interne "SIGMA CONTROL", un PC industriel avec



Photo 3: "Sigma Air Manager" assure l'orchestration parfaite de tous les composants de même que la disponibilité de l'air comprimé et le contrôle de gestion efficace de sa production

cinq modes de commande programmés, en mesure de transmettre les données saisies à un réseau. Au niveau de la gestion prioritaire, un autre PC industriel „SIGMA AIR MANAGER“ se range sur la même ligne (Photo 3). Outre le pilotage adapté à la consommation réelle d'air comprimé et la surveillance de la station, il a également la fonction de saisir toutes les données significatives et de les transmettre à un réseau informatique (Ethernet), via Internet, ou par l'intermédiaire du logiciel de gestion centralisée "SIGMA CONTROL CENTER". Le "SIGMA AIR MANAGER" permet à l'aide du système de visualisation "SIGMA AIR CONTROL" d'afficher sur le moniteur une vue d'ensemble de tous les compresseurs de la station et de leurs principales données d'exploitation. Un simple coup d'oeil suffit pour s'assurer du bon état de marche de la station, s'informer des nécessités d'entretien ou des signalisations de défaut ou pour vérifier la pression de service. Il est possible de déterminer soi-même l'étendue des informations à consulter. Il est ainsi possible de surveiller l'ordre de marche de la station, d'établir des représentations graphiques de la consommation d'énergie, de la consommation d'air comprimé et du niveau de pression et de fixer les délais d'entretien préventif. Cet instrument de contrôle de gestion moderne est une aide précieuse pour permettre à la station de compresseurs de produire la quantité et la qualité d'air requises - au meilleur prix.

Les stations de compresseurs et les systèmes d'air comprimé qui, aujourd'hui, peuvent se louer d'une structure de coûts optimisés sont rares. Nombreux sont les cas où les systèmes demanderaient à être optimisés.



13. Planification exacte des stations de compresseurs (3)

Analyse de la Demande d'Air (ADA)

La base pour une telle optimisation est une analyse détaillée du profil de la consommation d'air comprimé telle que la formule ADA (Analyse de la Demande d'Air) présentée dans le chapitre 11 "Planification exacte des stations de compresseurs (1)", page 24. Le présent chapitre décrit la manière de déterminer pas à pas la situation effective d'une station dans la pratique.

La condition de base pour le succès de l'analyse et l'optimisation qui doit en résulter est un travail en partenariat basé sur la confiance entre l'utilisateur et le spécialiste en air comprimé. Cela signifie que l'utilisateur sera disposé à fournir au préalable toutes les informations nécessaires.

1. Informations fournies par l'utilisateur

a) Plan d'ensemble

Un plan d'ensemble de l'entreprise (Photo 1) est nécessaire à titre d'information générale. La conduite principale d'air comprimé, les conduits de raccordement et les points d'alimentation de la station de compresseurs doivent y être représentés. De même, les données concernant le dimensionnement des tuyauteries et leur matériau, les postes à forte consommation d'air comprimé et ceux nécessitant une pression

et une qualité d'air précises ne doivent pas manquer.

b) Domaines d'utilisation de l'air comprimé

Du fait de la polyvalence de l'air comprimé, il est très important de disposer d'informations détaillées sur les champs d'application prévus. L'air comprimé sera-t-il par exemple utilisé en tant qu'air de réglage, pour le revêtement de surfaces, pour les outils de tournage, à des fins de nettoyage ou en tant qu'air process etc...

c) Compresseurs installés

Le type, la marque des compresseurs et leur caractéristiques techniques telles que pression de service, débit, puissance absorbée, type de refroidissement et éventuellement récupération de la chaleur dissipée sont à indiquer.

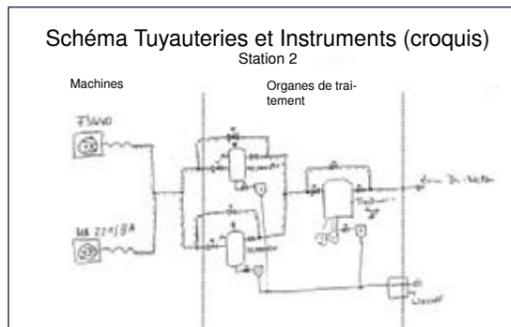
d) Traitement de l'air comprimé

Pour le traitement de l'air comprimé, il est essentiel de savoir s'il sera centralisé et/ou décentralisé et quelles quantités d'air seront requises. Naturellement les caractéristiques techniques des organes de traitement sont également à préciser. Un schéma pneumatique apporte la clarté nécessaire (Photo 2).

e) Pilotage et surveillance des centrales

La rentabilité d'une station de compresseurs étant étroitement liée aux

Photo 2: Schéma synoptique de la production et du traitement d'air comprimé (croquis)



Plan d'ensemble des différentes conduites

Air comprimé:
Rouge = Conduite 3"
Bleu = Conduite 2"
Vert = Conduite au sol
Marron = Conduite 1/4"

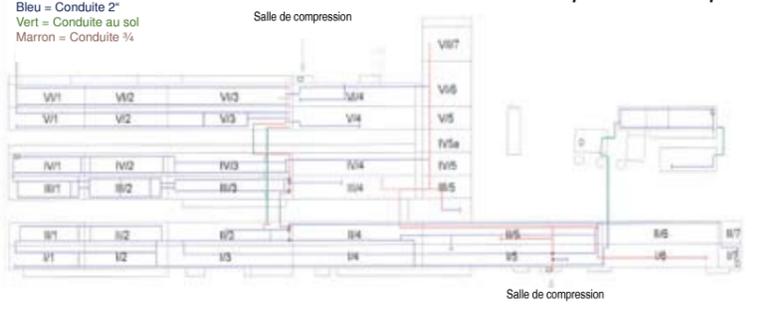


Photo 1: Plan d'ensemble de la conduite principale d'air comprimé d'une entreprise

propriétés de chacun des appareils mais surtout à leur travail d'équipe, une description de la technique de commande et de surveillance sera également à fournir.

2. Echange d'idées utilisateur/spécialiste de l'air comprimé

Toutes les informations sont-elles réunies, un premier entretien doit permettre au spécialiste de l'air comprimé de prendre connaissance du dossier et de s'informer sur les problèmes d'approvisionnement en air comprimé de l'utilisateur. Il peut s'agir d'une pression trop basse ou instable, d'une qualité d'air insuffisante, d'une mauvaise utilisation de la capacité des compresseurs ou d'un problème de refroidissement.

3. Inspection du circuit d'air comprimé

Une inspection du circuit d'air comprimé est généralement des plus révélatrices. Il est conseillé de commencer par les zones critiques, c'est à dire aux endroits où de fortes chutes de pression (Photo 3) ou une mauvaise qualité d'air sont



Photo 3: Chute de pression dans un circuit d'air comprimé

à prévoir. Nous savons par expérience qu'il s'agit le plus souvent des points de sortie d'air en fin de réseau. Il faudra donc procéder comme suit:

a) Tuyaux de raccordement, mano-détendeurs, décanteurs d'eau

Les points de fuite sont particulièrement fréquents sur les tuyaux de raccordement des consommateurs d'air comprimé. En contrôler l'état. Si des mano-détendeurs sont utilisés, contrôler également leur réglage (pression d'al-

KAESER
COMPRESSEURS



Photo 4: "Energivore": mano-détendeur en décentralisé avec décanteur d'eau

mentation et pression finale) dans les conditions de charge (Photo 4). Contrôler les décanteurs d'eau installés en amont des mano-détendeurs pour déceler toute présence de condensats ou d'impuretés. Procéder pareillement avec les conduites de sortie verticales dirigées vers le bas (Photo 5).

b) Organes d'isolement

L'état des conduites de raccordement au réseau principal peut également influencer considérablement sur l'efficacité du système. Les organes d'isolement sont un des points névralgiques. Vérifier s'il s'agit par exemple de robinets d'arrêt à passage libre ou de clapets d'arrêt favorisant la circulation ou de robinets équerre qui rendent une circulation difficile.

c) Tuyauteries du réseau principal

Il s'agit ici de déterminer les passages resserrés qui occasionnent une perte de pression.

d) Système de traitement d'air comprimé

Les critères de contrôle les plus importants du point de rosée atteint (degré de séchage) et de la pression différentielle provoquée se trouvent ici. Selon le cas d'utilisation, de nouveaux contrôles de qualité peuvent être nécessaires.

e) Station de compresseurs

La station de compresseurs peut elle aussi présenter des défauts graves.

L'installation des machines, le circuit de ventilation, le refroidissement et les raccordements sont à contrôler. Déterminer par ailleurs la pression différentielle totale des compresseurs, la capacité des réservoirs d'air comprimé et le point de mesure à partir duquel les compresseurs sont pilotés.

f) Détermination des points de mesure

A l'issue de l'inspection, le spécialiste de l'air comprimé détermine avec l'utilisateur les points de mesure pour l'analyse de la consommation d'air. Au

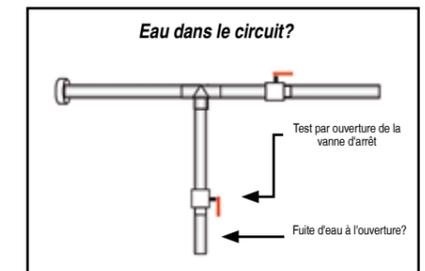


Photo 5: Eau dans le circuit? (Test)

moins une mesure de pression avant et après le traitement et une autre à la sortie du réseau d'air comprimé sont nécessaires.

4. Mesure de pression et de la consommation d'air (ADA)

Pour la mesure de pression et de la consommation d'air, le fonctionnement de la station de compresseurs est analysé pendant au moins 10 minutes à l'aide de la technique de pointe de l'enregistrement des données. L'enregistreur de données saisit toutes les mesures significatives et les transmet à un PC qui établit alors un diagramme de la consommation d'air comprimé. Les chutes de pression, variations de pression et de consommation, la tenue en marche à vide, les temps de charge et d'arrêt des compresseurs en fonction de la consommation y sont représentés. Pour que la représentation soit parfaite, les fuites doivent également être déterminées pendant la mesure. La procédure est décrite dans le chapitre 10 (page 22 et suivante) et nécessite entre autres l'isolement de certaines parties du réseau pendant le weekend.

Les compresseurs transfor- ment pratiquement à 100% l'énergie électrique absorbée en chaleur. Un compresseur relativement petit de 18,5 kW „fournit“ quasiment en sous- produit suffisamment d'énergie



14. Planification exacte des stations de compresseurs (4)

Un refroidissement efficace : le refroidissement par air

calorifique pour chauffer une maison individuelle. Un refroidissement efficace de la station de compresseurs est donc indispensable pour en permettre le fonctionnement fiable.

La chaleur dissipée par les compresseurs permet idéalement d'économiser de l'énergie. Il est possible, à l'aide de systèmes de récupération de calories appropriés, de récupérer jusqu'à 94% de l'énergie consommée par les compresseurs pour les réutiliser et ainsi réduire considérablement les coûts de production d'air comprimé (voir chapitre 8 "Economies d'énergie par la récupération de calories", pages 18 et suiv.). Les compresseurs avec système de récupération de calories doivent cependant être équipés d'un système de refroidissement efficace qui peut lui aussi contribuer à une grande économie de coûts. C'est ainsi que le refroidissement par air peut coûter jusqu'à 30% de moins que le refroidissement par eau. La préférence est donc à donner au refroidissement par air dans la mesure du possible.

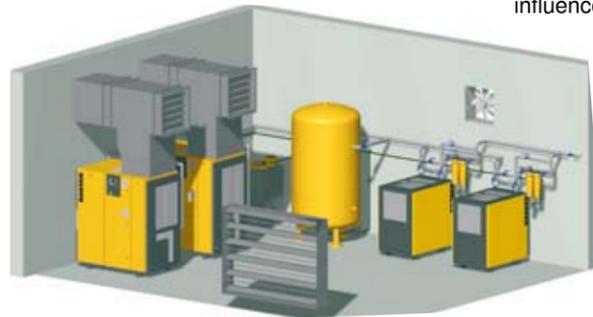
1. Le milieu ambiant des compresseurs

1.1. L'air propre et frais est un atout majeur

La réglementation VBG 16 pour la prévention des accidents („13.4 Compresseurs“, § 12, Section 1) prescrit : "Les compresseurs sont à installer de telle sorte que leur accessibilité et

le refroidissement nécessaire soient assurés." La prescription prévoit que les températures ambiantes pour les centrales à refroidissement par air et par huile ne doivent pas être supérieures à +40 °C. Par ailleurs il est indiqué dans le § 15 : „... aucune substance dangereuse ne peut être émise dans la zone d'aspiration des compresseurs.“

Station de compresseurs avec gaine d'évacuation d'air – le mode de refroidissement d'air le plus rentable



Ces prescriptions ne correspondent qu'aux exigences minimales. Elles visent à limiter le risque d'accident. Pour un fonctionnement rentable et un minimum d'entretien des compresseurs il faut aller un peu plus loin.

1.2 Une salle de compresseurs n'est pas un débarras

Une salle de compresseurs n'est pas un débarras. Cela veut dire que le local ne doit pas être inutilement encombré d'outillages, la poussière et toutes autres impuretés sont à éviter, et le sol doit être résistant à l'usure. La possibilité de nettoyage humide serait idéale. L'air de refroidissement – aussi bien que l'air à comprimer – aspirés d'un milieu ambiant

fortement pollué par la poussière, la suie ou autres doivent impérativement être soumis à une filtration intensive au préalable. Même dans des conditions normales de fonctionnement, l'air d'aspiration et l'air de refroidissement des compresseurs doivent être épurés par des filtres incorporés.

1.3 Conditions climatiques tempérées

La température peut également influencer fortement la fiabilité et la nécessité d'entretien des compresseurs : l'air d'aspiration et l'air de refroidissement ne doivent être ni trop froids (moins de +3 °C) ni trop chauds (plus de +40 °C)*. Il est indispensable d'en

tenir compte lors de la planification et de la réalisation. En été par exemple les rayons de soleil sur les côtés sud et même ouest d'un bâtiment peuvent provoquer à certaines heures un sensible réchauffement de l'air. Des températures de +40 à +45 °C peuvent être atteintes même dans les zones tempérées. C'est pourquoi il est recommandé de ne pas placer les orifices d'entrée d'air d'aspiration et de refroidissement aux endroits soumis à une forte radiation solaire. Le dimensionnement des orifices varie en fonction de la puis-

* Les températures limites indiquées se rapportent aux conditions climatiques en Europe centrale et à l'équipement standard d'une station de compresseurs

sance des compresseurs et du mode d'aération.

2. Aération de la salle de compresseurs

Une salle de compresseurs, qu'elle soit équipée de compresseurs à refroidissement par air ou par eau, ne doit pas être privée d'une aération appropriée. La chaleur engendrée par la compression de l'air et celle dissipée par le moteur d'entraînement électrique doivent en tout cas être évacuées. Cela correspond au total à près de 10% de la puissance motrice du compresseur.

3. Les différents modes d'aération

3.1 Aération naturelle (Photo 1)

L'air de refroidissement aspiré et réchauffé par le compresseur s'élève, sous l'effet de la surpression il est refoulé vers l'extérieur, à travers un orifice d'évacuation placé en hauteur. Ce mode d'aération n'est cependant recommandé que dans des cas exceptionnels et pour des puissances de compresseur inférieures à 5,5kW, car il peut être perturbé par la radiation solaire ou par la simple force du vent sur l'orifice d'évacuation.

3.2 Aération artificielle

Cette méthode souvent pratiquée utilise une circulation d'air de refroidissement guidée. Une gestion thermostatique est à prévoir pour éviter les températures hivernales inférieures à +3 °C. Des températures trop basses risquent de compromettre le bon fonctionnement des compresseurs, l'évacuation et le traitement des condensats. La régulation par thermostats est nécessaire car, avec l'aération artificielle, la salle de compresseurs est soumise à une certaine dépression qui empêche un refoulement de l'air chaud dans la salle. Il existe deux variations d'aération artificielle:

3.2.1 Aération par ventilateur externe

Un ventilateur externe avec gestion thermostatique (Photo 2) installé dans l'orifice d'évacuation de la salle de compresseurs aspire l'air chaud. Pour ce mode d'aération, il importe que le dimensionnement de l'orifice d'aspiration ne soit pas trop juste. Il en résulterait une

trop grande dépression accompagnée d'une émission sonore intense due à la vitesse de passage de l'air. L'efficacité de refroidissement de la station en serait par ailleurs affectée. L'aération doit être dimensionnée de telle sorte que l'augmentation de température due à la chaleur produite par la compression ne soit pas supérieure à 7K. Ceci pour éviter un recyclage thermique et une panne des compresseurs. Il faut de plus tenir compte du fait que les ventilateurs externes occasionnent des coûts énergétiques supplémentaires.

3.2.2 Aération par gaine de ventilation (Photo 3)

Les compresseurs à vis d'aujourd'hui, entièrement carrossés, peuvent être équipés d'une gaine de ventilation qui représente un mode d'aération pratiquement idéal: le compresseur aspire l'air atmosphérique par un orifice et évacue l'air chaud à travers la gaine conduisant directement hors de la salle de compresseurs. Cette méthode présente l'avantage particulier d'utiliser un air de refroidissement pouvant être chauffé jusqu'à env. 20K, ce qui permet de réduire la quantité d'air de refroidissement nécessaire. En principe, les ventilateurs qui font partie de l'équipement standard des compresseurs suffisent pleinement à l'évacuation de l'air sortant. Cela signifie que, contrairement à l'aération par ventilateur externe, ils n'entraînent pas de coûts énergétiques supplémentaires. Cela n'est valable que si la réserve de surpression des ventilateurs n'est pas dépassée. En outre, la gaine d'évacuation doit être équipée de registres de circulation d'air (Photo 4) afin d'éviter une trop basse température de la salle de compresseurs en hiver. Si des sècheurs à refroidissement par air sont également installés dans la salle de compresseurs, il faut considérer que le compresseur et le sècheur ne doivent pas s'influencer mutuellement au niveau de l'aération. En cas de températures supérieures à + 25 °C, il est recommandé d'installer un ventilateur à gestion thermostatique supplémentaire afin d'augmenter le débit d'air de refroidissement.

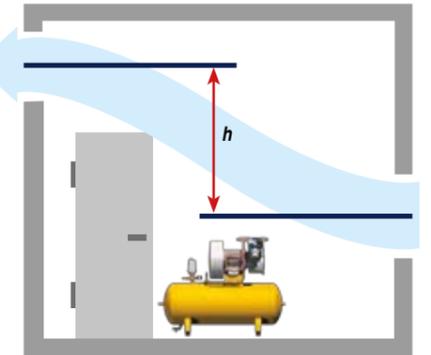


Photo 1: Salle de compresseurs avec aération naturelle - pour centrales de moins de 5,5 kW

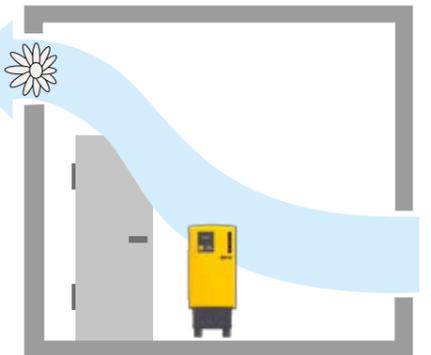


Photo 2: Aération artificielle avec un ventilateur externe - pour centrales de 5,5 à 11 kW

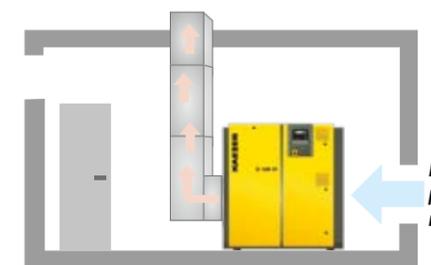


Photo 3: Aération artificielle avec gaine d'évacuation d'air chaud – pour centrales à partir de 11 kW



Photo 4: Un registre de circulation d'air à régulation thermostatique assure l'équilibre thermique.

En pages 20 à 31, il était question des points à observer lors de l'installation de nouveaux ou de la modernisation d'anciens réseaux d'air comprimé et de la manière de planifier une station de compresseurs pour la rendre performante. La prise en consi-

15. Exploiter efficacement les systèmes d'air comprimé

Optimisation des coûts et fiabilité durables

dération de la consommation énergétique et des coûts lors de la planification et de l'élaboration ne représente que la moitié du sujet. Pour assurer une rentabilité durable de la production d'air comprimé, il est nécessaire de veiller à une exploitation efficace du système d'air comprimé.

La focalisation des efforts sur le maximum d'efficacité de l'air comprimé s'avère triplement payante pour les utilisateurs: fiabilité accrue de l'alimentation en air comprimé, baisse des coûts d'air comprimé et de la consommation d'énergie. Le potentiel de rentabilité est important: selon une étude de "SAVE II", le programme pour la promotion de l'efficacité énergétique dans la Communauté européenne, les compresseurs d'air européens auraient consommé en 2002 près de 80 milliards de kWh; 30% auraient pu être économisés.

1. Que signifie rentabilité optimale?

La rentabilité d'un système d'air comprimé se reflète dans sa structure des coûts. L'optimum atteint varie en fonction des usines et de la production. Les temps de marche des compresseurs, la pression de service et autres paramètres commerciaux sont déterminants. Exemple de système optimisé d'une

station de compresseurs refroidis par air – durée de fonctionnement 5 ans, coûts d'électricité 8 centimes d'euro, taux d'intérêt 6%, pression de service maxi 7 bar, qualité d'air comprimé conforme à ISO 8573-1: huile résiduelle

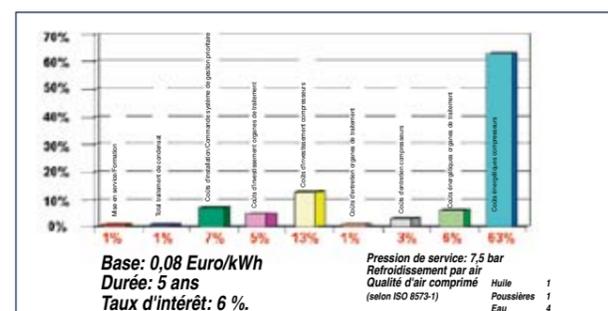


Photo 1: Structure des coûts d'un système d'air comprimé optimisé

Classe 1, poussière résiduelle Classe 1, eau résiduelle Classe 4 (Photo 1). Cet exemple met en évidence: même dans des conditions optimales, la consommation énergétique se taille la part du lion avec presque 70% du total des coûts d'air comprimé.

2. Rentabilité à caractère durable

Qui est intéressé par une alimentation en air comprimé rentable de façon durable, doit tenir compte de quelques points importants:

2.1 Entretien orienté vers les besoins

Les systèmes modernes de commande interne de compresseur tels que "Sigma Control" et les systèmes de gestion tels que "Sigma Air Manager" basés sur le principe du PC industriel informent

exactement sur les intervalles d'entretien des composants d'une station de compresseurs. Il est ainsi devenu possible de réaliser les travaux d'entretien en fonction des besoins et de prendre les mesures préventives nécessaires.

Le résultat: des coûts d'entretien réduits, une rentabilité plus élevée de l'alimentation en air comprimé et par cela une plus grande sécurité opérationnelle des systèmes de production.

2.2 Choix adéquat de consommateurs d'air comprimé

Non seulement les constructeurs mais aussi les utilisateurs courent le risque d'économiser au mauvais endroit. Par exemple lorsqu'ils investissent dans des machines de production moins chères à l'achat mais travaillant avec une pression de service plus élevée. L'augmentation de pression et/ou l'extension du système d'air comprimé nécessaires auront vite surpassé l'excédent de prix d'une machine travaillant avec une pression de service plus basse, de 6 bar par exemple. C'est pourquoi lors de l'acquisition de machines de production il faut faire entrer en ligne de compte non seulement l'alimentation électrique mais aussi l'alimentation en air comprimé.



Photo 2: Appareil de mesure de la consommation d'air comprimé. Le débit est déterminé par la mesure de la pression différentielle à l'aide d'un tube gradué dans la conduite de refoulement

2.3 Nouvelles exigences imposées par la production

2.3.1 Changements de la consommation d'air comprimé

a) Transformation de la production

Les variations de consommation d'une équipe de travail à une autre sont chose courante. Ce fait est très souvent négligé et il peut arriver qu'après une transformation de la production la capacité des compresseurs ne soit utilisée que partiellement par une équipe de travail alors que la consommation d'air par une autre équipe soit élevée au point d'épuiser les réserves de sécurité. L'approvisionnement en air comprimé doit donc toujours être adapté aux variations des structures de production.

b) Extension de la production

Dans le cas d'une extension, les puissances des compresseurs mais aussi les tuyauteries et le traitement de l'air comprimé sont à réadapter aux nouvelles conditions. Si l'augmentation de la capacité de production d'une usine est solutionnée par l'extension d'une installation existante, il est conseillé d'appliquer une technique de mesure permettant de déterminer la consommation d'air comprimé de l'installation existante (Photo 2) afin de disposer d'un maximum d'informations nécessaires pour adapter l'alimentation en conséquence.

2.3.2 Sécurité d'alimentation

Un compresseur en stand-by est généralement prévu pour les stations de compresseurs. Pour les installations de traite-

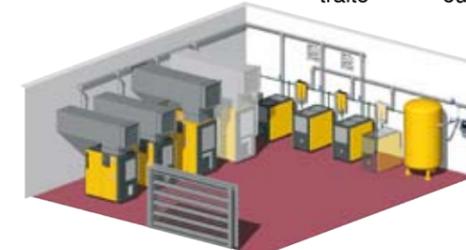


Photo 4: Station avec traitement de deux qualités d'air comprimé différentes

ment d'air comprimé par contre, ces réserves de sécurité sont souvent sacrifiées. Lorsque la consommation d'air augmente, le compresseur en stand-by intervient, et il en résulte une dégradation de la qualité d'air comprimé du fait du manque de capacité au niveau du traitement. C'est pourquoi il est recommandé de prévoir aussi une unité de traitement (sécheur/filtre) pour chaque compresseur en stand-by (Photo 3).

2.3.3 Modification de la qualité d'air comprimé

Si une qualité d'air comprimé plus élevée est requise, il faut discerner si la production toute entière est concernée ou une seule partie. Dans le premier cas, il ne suffit pas d'équiper la centrale de traitement d'air comprimé en conséquence. Les tuyauteries dans lesquelles l'air de qualité moindre était conduit doivent également être nettoyées ou remplacées. Dans le second cas, il est recommandé de mettre en place un système de traitement séparé pour assurer la qualité d'air requise (Photo 4). Un régulateur de débit sera à installer sur le système, ceci pour éviter l'arrivée d'une trop grande quantité d'air comprimé à traiter, le système n'étant pas configuré pour le débit maximum des compresseurs.

2.4 Surveiller les fuites

Des fuites peuvent se produire dans tout réseau d'air comprimé, aussi parfaitement maintenu soit-il, et elles auront tendance à s'aggraver. Elles peuvent parfois entraîner des pertes d'énergie considérables. La cause principale est l'usure des outils, des flexibles de

liaison et des pièces de construction mécanique. Il est donc important

Photo 3: Pour garantir la qualité d'air comprimé, une unité de traitement est à prévoir pour chaque compresseur en stand-by.

de procéder à une recherche préventive de ces défauts et d'y remédier le cas échéant. De plus, il est recommandé de mesurer par roulement toutes les fuites à l'aide de systèmes modernes de gestion et de surveillance tels que le „SIGMA AIR MANAGER“. Si une accentuation est constatée, les points de fuite doivent être détectés et colmatés.

3. Maîtrise des coûts - rentabilité

Les données obtenues pendant la planification par l'analyse - et actualisées en permanence - présentent aussi de l'intérêt pour l'exploitation future. L'acquisition de données ne nécessite cependant plus d'analyses séparées. Des systèmes tels que "SIGMA AIR MANAGER" remplissent cette tâche. Une base optimale pour les audits d'air comprimé en ligne de même qu'une gestion effective des coûts d'alimentation en air comprimé sont ainsi assurées (Photo 5).

Plus le nombre d'utilisateurs qui ainsi apportent la transparence dans leurs coûts d'air comprimé, évaluent les potentiels d'économie et considèrent l e rendement énergétique comme un critère de qualité lors de l'achat des



Photo 5: Avec la gestion systématique des coûts, l'utilisateur maintient toujours ses coûts d'air comprimé sous contrôle

composants d'une station d'air comprimé grandira et plus l'objectif d'une réduction de 30% et plus de la consommation d'énergie sur une grande échelle sera proche – et les bilans d'entreprises et l'environnement ne s'en porteront que mieux.

Toujours plus d'utilisateurs d'air comprimé font confiance aux compresseurs KAESER



Concept et Rédaction

Publication: KAESER KOMPRESSOREN GmbH, Carl-Kaeser-Str. 26, D-96450 Coburg, Allemagne,
Tél.: **49 9561 640-0; Télécopie: 09561 640-130;
E-Mail: produktinfo@kaeser.com. Internet: www.kaeser.com

Rédaction: Michael Bahr, Erwin Ruppelt

Maquette/Graphique: Martin Vollmer, Ralf Günther

Photographie: Marcel Hunger

Impression: Schneider Printmedien GmbH, Reußenberg 22b, 96279 Weidhausen

Reproduction totale ou partielle interdite à moins d'une autorisation écrite de KAESER.

La ligne de produits



Compresseurs à vis au PROFIL SIGMA



Sécheurs frigorifiques avec la régulation à économie d'énergie



Systèmes de gestion de compresseur avec la technologie d'Internet



Traitement d'air comprimé (filtres, purgeurs et traitement de condensats, sécheurs par adsorption, colonnes de charbon actif)



Surpresseurs à pistons rotatifs au PROFIL OMEGA



Compresseurs mobiles pour le B.T.P. avec le PROFIL SIGMA



Compresseurs à pistons pour l'artisanat et le bricolage



Surpresseurs

KAESER – Présence globale

KAESER, l'un des plus grands constructeurs au monde de compresseurs à vis, est présent sur tout le globe : ses filiales et partenaires commerciaux veillent dans plus de 90 pays à tenir à la disposition des utilisateurs d'air comprimé les équipements les plus modernes, les plus fiables et les plus rentables.

Ses ingénieurs conseil et techniciens hautement qualifiés apportent leur conseil et proposent des solutions individuelles à haut rendement énergétique pour tous les champs d'application de l'air comprimé. Le réseau informatique global du groupe international KAESER permet à tous les clients du monde d'accéder au savoir-faire professionnel du fournisseur de systèmes.

Le réseau global de service après vente assure de surcroît une disponibilité maximum de tous les produits KAESER.

