



# Commande et régulation

Les régulations au niveau des compresseurs sont introduites à la fois pour la production et pour la préparation de l'air comprimé. Cette feuille d'info traite des régulations qui adaptent la production à la consommation de l'air comprimé (Figure 1).

## Régulation interne et régulation supérieure

A l'intérieur de la station de compression, on distingue régulation interne et régulation supérieure. Les régulations internes servent à ajuster le compresseur à la consommation d'air et, grâce à une coordination optimale des processus internes de commande, de diminuer la surcharge des compresseurs. Comme les stations de compresseurs modernes sont généralement composées de plusieurs compresseurs individuels, la tâche de la régulation supérieure est de faire fonctionner au mieux chaque entité afin de coordonner et de surveiller leur utilisation en fonction de la consommation effective d'air.

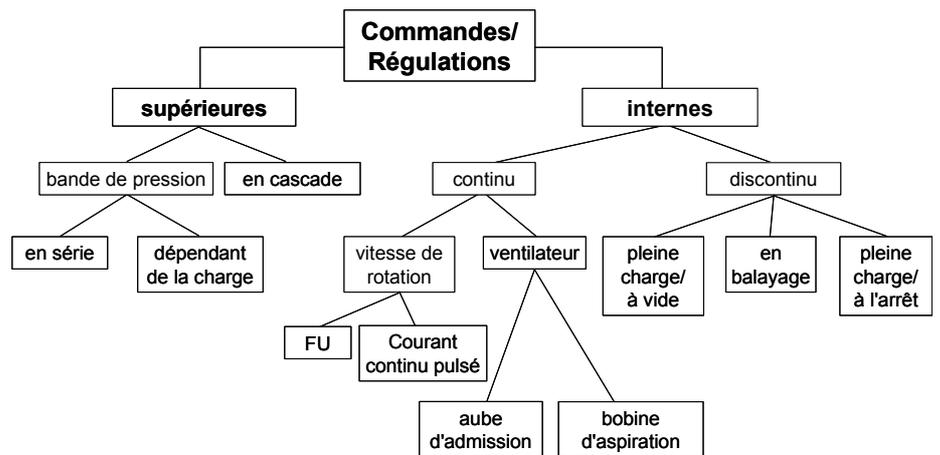


Figure 1 : Commandes et régulations des systèmes d'air comprimé

## Types de régulation interne

En ce qui concerne les réglages internes, on distingue les continus et les discontinus.

## Régulation discontinue

La régulation "pleine charge/ à vide" est aujourd'hui la régulation la plus communément rencontrée pour les systèmes dépourvus de régulation de vitesse. Si la pression de service atteint la valeur de la pression limite  $p_{\min}$ , alors le compresseur est mis en route et débite de l'air comprimé. En atteignant  $p_{\max}$  le compresseur ne s'arrête pas, mais continue à fonctionner à vide jusqu'à ce que l'air ait été consommé. Si, pendant le fonctionnement à vide,  $p_{\min}$  est atteint, le compresseur se remet alors en route à pleine charge. Pour une faible consommation d'air, le compresseur s'éteint automatiquement après une période de fonctionnement à vide (Figure 2).

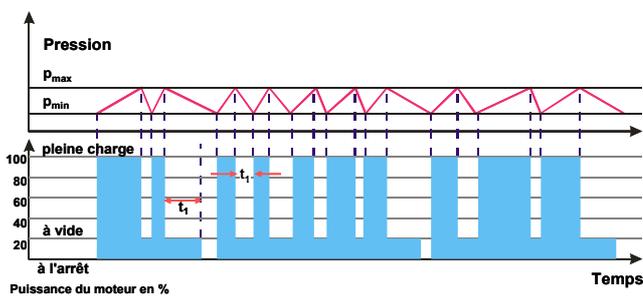


Figure 2 : Variation de charge et de pression dans le compresseur

À noter :

- Réaction rapide
- Haute fréquence d'utilisation sans surcharge du moteur
- En cas de mauvaise utilisation, consommation d'énergie en fonctionnement à vide.

En régulation à vide, avec un fonctionnement à vide optimisé, le temps de relance varie en fonction des variations de pression au cours du temps et de la taille du moteur. Cela permet des économies importantes au cours du fonctionnement à vide, en particulier pour les machines à charge de base (Figure 3).

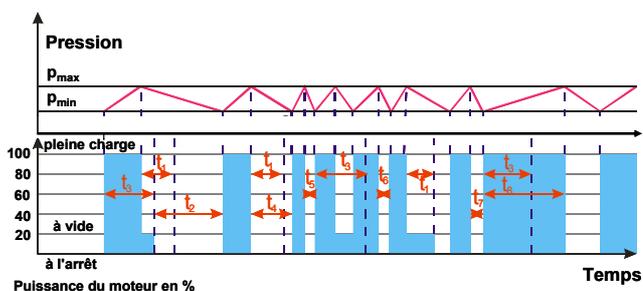


Figure 3 : Variation de charge et de pression dans le compresseur

A noter :

- Eviter le plus possible un fonctionnement à vide
- Bonne exploitation de l'énergie
- Temps de réaction plus long

Les installations à régulation discontinue ont ceci en commun qu'elles sont régulées par les pressions limites  $p_{\max}$  et  $p_{\min}$ .

### Capteur de mesure

Quand les valeurs limites de pression requises par les contacteurs mécaniques sont parfois différentes d'un bar, les différences de pression peuvent aujourd'hui être réduites jusqu'à 0,2 bar en utilisant des capteurs modernes.

À noter :

- Économie d'énergie grâce à un faible  $\Delta p$
- Haute répétitivité
- Constance importante de la pression
- Pas d'interchangeabilité universelle.

## Régulation continue

### Régulation de la vitesse d'un moteur

La régulation de la vitesse des compresseurs modernes est réalisée soit par modification de la fréquence d'alimentation soit par modulation de courant continu. Dans les deux cas le démarrage des installations a lieu à  $p_{\min}$ . Les moteurs suivent alors une courbe caractéristique jusqu'à une vitesse qui est définie par le quotient de la pression à chaque instant par la pression de réglage.

Si la consommation d'air sort du domaine de régulation de la machine, alors, selon les conséquences du contrôle, le système passe en fonctionnement à vide ou bien alors s'éteint (Figure 4).

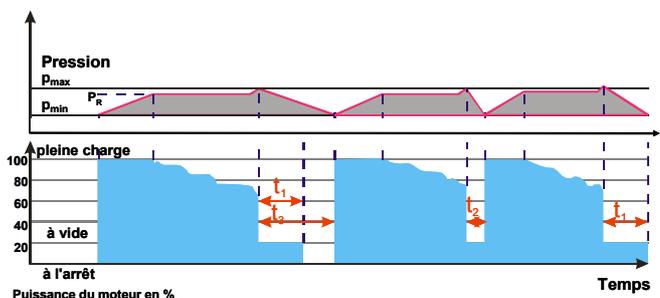


Figure 4 : Variation de charge et de pression dans le compresseur

A noter :

- Bonne capacité de réglage
- Réaction rapide
- Pression constante +/- 0,1 bar
- Bonne exploitation de l'énergie dans la plage de régulation compris entre 40 et 80 %
- Baisse de la consommation d'énergie pour une utilisation inférieure à 40% et supérieure à 80 %
- Coûts d'investissement élevés
- Influence ultérieure sur le réseau.

Les courbes caractéristiques du régulateur, du moteur et du bloc de compression en charge partiel sont décisives pour l'efficacité de la régulation (Figure 5).

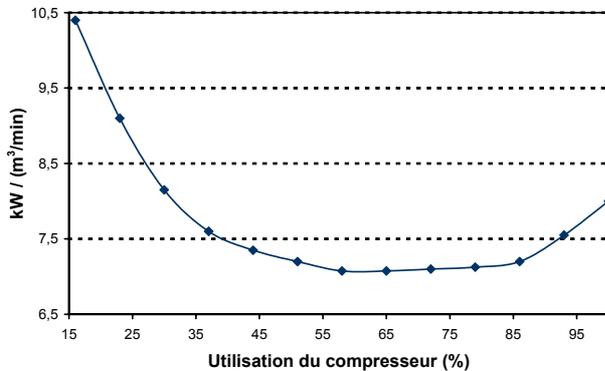


Figure 5 : Puissance spécifique d'un compresseur à vitesse régulée

### Régulation par clapet d'admission

Les machines munies d'une régulation par l'orifice d'aspiration sont en général des compresseurs qui ont une régulation pleine charge/à vide et qui sont pourvus d'un régulateur supplémentaire. Celui-ci est ajusté à la pression de régulation. Si cette pression est atteinte, la soupape d'admission sera ouverte ou fermée en fonction de la variation de pression. Pour les compresseurs à refoulement, il s'agit exclusivement d'une réduction du débit volumique, ce qui n'a qu'une influence négligeable sur le comportement de la puissance du compresseur. (Figure 6)

À noter :

- Faibles coûts
- Domaine de réglage important
- L'utilisation de l'énergie est extrêmement mauvaise.

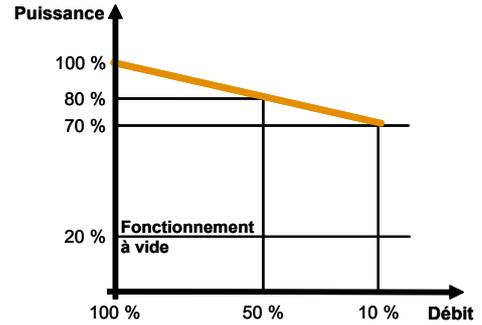


Figure 6 : Réglage du débit volumique grâce au clapet d'admission

### Régulation par purges

La régulation par purges est ainsi appelée lorsque de l'air comprimé est relâché dans l'atmosphère, et que le débit s'accorde à la consommation effective d'air comprimé.

Ce type de régulation est mise en oeuvre dans le domaine des systèmes à basse pression (par exemple les souffleries) ou alors pour les compresseurs dynamiques.

Pour les compresseurs dynamiques, le comportement de la puissance est également influencé par la régulation, mais cela ne fonctionne que dans un domaine réduit. (Figure 7).

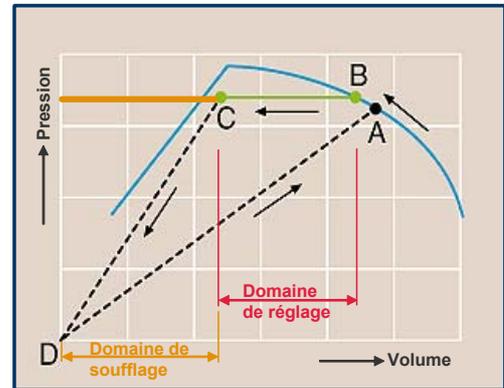


Figure 7 : Régulation par purges

A noter :

- Le comportement de la puissance est linéaire dans le domaine de contrôle.
- Le domaine de régulation est habituellement environ 20 à 30 % plus large sans régulation par purges (forte perte d'énergie).

### Régulation supérieure

Pour de tels systèmes, on différencie régulation en cascade et régulation de la bande de pression.

#### Régulation en cascade

La régulation en cascade est la régulation supérieure la plus répandue; dans ce cas, un domaine de fonctionnement est attribué à chaque compresseur au moyen d'une régulation supérieure (Figure 8).

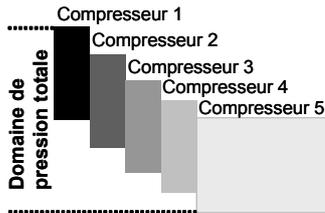


Figure 8 : Réglage en cascade

A noter :

- Bande de pression, et par cela économie d'énergie (par bar, 6 à 10 % de consommation d'énergie en plus environ)
- La consommation d'air effective n'est pas prise en compte
- 4 compresseurs au maximum.

Pour des compresseurs de même taille, le régime de fonctionnement (à vide, à pleine charge et à charge partielle) de chaque compresseur est, soit après une durée de fonctionnement donnée, soit par un système de commutation minutée, changé, cela afin d'obtenir une utilisation uniforme de chaque compresseur. Afin de disposer d'une installation en bonne et due forme, la mise en cascade des quatre compresseurs nécessite l'insertion de contacteurs à membrane ou de manomètres à contact entraînant de temps à autre des écarts de pression pouvant aller jusqu'à 2 bar. L'insertion de capteurs de pression modernes rend possible la diminution des écarts de pression de 0,7 bar pour les quatre compresseurs.

#### Régulation par bande de pression

Les systèmes modernes de commande supérieurs sont utilisés pour permettre de commander n'importe quelle installation sur un domaine de pression ; la plus petite différence de pression est de 0,2 bar (Figure 9). L'avantage de ce type de commande est de réduire la pression maximale dans le poste d'air comprimé, et de diminuer ainsi les dépenses d'énergie primaires et les pertes dans cette station.

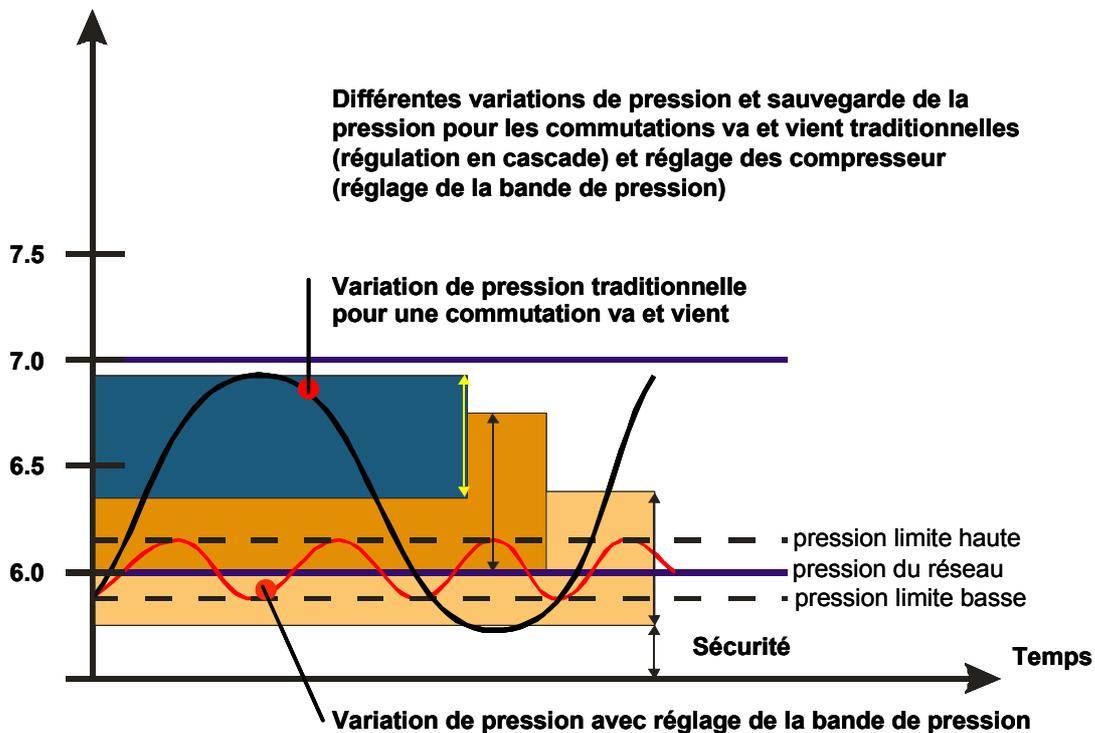


Figure 9 : Régulation dans le domaine de pression

### Possibilités d'extension avec une régulation supérieure

Des régulations de bandes de pression étendues sont possibles. Pour cela, il suffit de mettre en cascade des compresseurs de tailles différentes fonctionnant indépendamment de la charge, la régulation supérieure les fera fonctionner en fonction de la demande en air comprimé. Le bon choix des tailles des compresseurs évite que des "trous" dans la régulation n'apparaissent.

Pour améliorer la surveillance et pour la lecture du process à l'intérieur d'une unité de compression, ces régulations supérieures peuvent enregistrer non seulement les données des compresseurs, mais aussi celles des systèmes de traitement et de répartition et les restituer ensuite à un poste central grâce à un logiciel approprié (Figure 11).

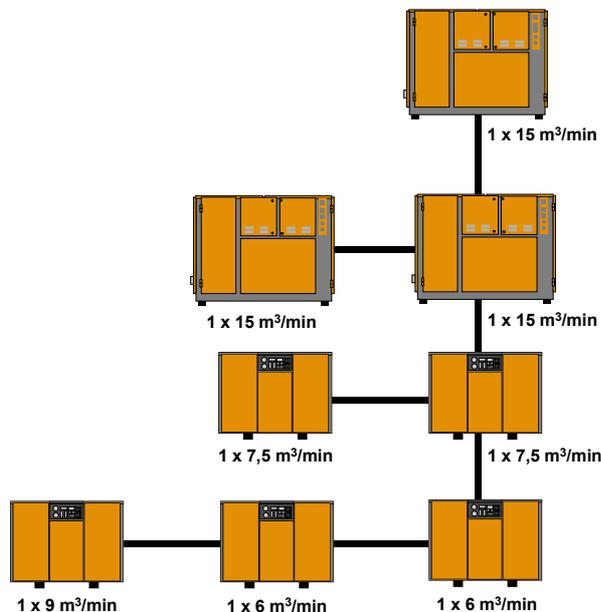


Figure 10 : Possibilités de répartition de la production d'air comprimé

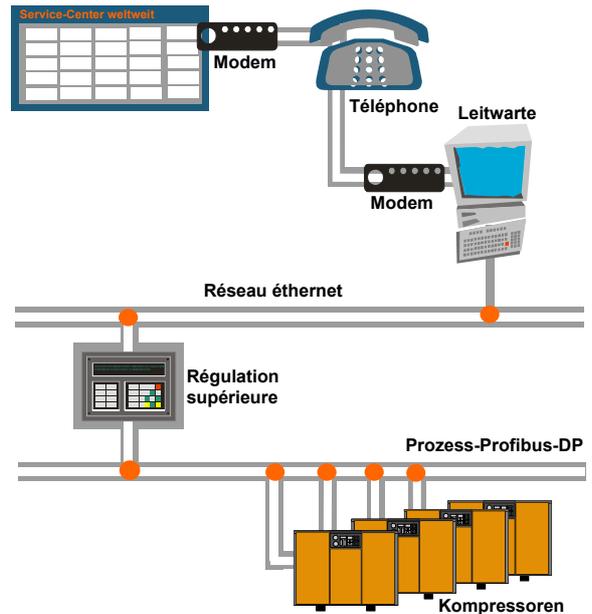


Figure 11 : Insertion d'une technologie de pointe pour la commande des compresseurs

### Potentiel d'économie

D'après une étude menée par la Commission Européenne, les régulations supérieures peuvent, grâce à une chute de pression et à une meilleure coordination, permettre une économie d'énergie moyenne de 12 %. Grâce à une réduction des pertes internes dues au réglage, des régulations internes optimisées peuvent atteindre 15 %.

### Economie de l'air comprimé

L'énergie pneumatique est stockée dans les canalisations et dans les réservoirs. Les récepteurs d'air comprimé travaillent souvent de manière très discontinue. L'acheminement de l'air comprimé au moyen des compresseurs doit alors être effectué en harmonie avec la consommation discontinue d'air comprimé. Les réservoirs représentent alors le taux de retour de la rentabilité d'une station de compression. Ils doivent être plutôt choisis trop grands que trop petits. L'influence du réservoir sur la rentabilité d'une station de compression dépend de l'importance de la perte de pression entre le point de mesure et le lieu du stockage de l'air comprimé. Elle ne devrait normalement pas être supérieure à 0,1 bar. Pour des réservoirs tampons, on distingue aujourd'hui dans un système, les réservoirs tampons centralisés et décentralisés.

### Réservoir tampon centralisé

Le réservoir tampon centralisé d'une station de compression sert d'abord à minimiser la fréquence d'utilisation des compresseurs. Grâce à cela il empêche les grandes variations de pression dans le système. Il devrait être choisi en conformité avec les formules d'évaluation. Un dimensionnement plus important que la valeur minimale calculée au moyen de formules, permet d'améliorer la rentabilité de la station de compression. (Figure 12).

$$V_B = \frac{\dot{V}_1 \cdot (x - x^2)}{z \cdot \Delta p}$$

| Puissance du compresseur | Valeur courante de z (1/h), moteur en fonctionnement : |
|--------------------------|--|
| 7.5 kW                   | 30   |
| 30 kW                    | 15   |
| 110 kW                   | 8  |
| 250 kW                   | 4  |

$V_B$  = Volume du réservoir d'air comprimé [m<sup>3</sup>]  
 $\dot{V}_1$  = Quantité débitée à partir des compresseurs en fonctionnement [m<sup>3</sup>/h]  
 $\dot{V}_2$  = Consommation maximale moins consommation moyenne [m<sup>3</sup>/h]  
 $x$  =  $\dot{V}_2 : \dot{V}_1$  = Facteur d'utilisation [m<sup>3</sup>/h]  
 $z$  = Fréquence de commutation autorisée [1/h]  
 $\Delta p$  = Différence de pression entrée/sortie [bar]

$z \approx 45$  pour les compresseurs à vis (pleine charge; à vide)  
 valeur approchée :  $(x - x^2) \approx 0.25$

Figure 12 : Dimensionnement d'un réservoir d'air comprimé centralisé

### Réservoir tampon décentralisé

Il sert souvent à approvisionner les récepteurs en air comprimé qui ont des consommations courtes et subites et à empêcher ainsi une chute de pression dans le reste du système. Il faut qu'il soit choisi en conformité avec la durée de consommation d'air et des variations de pression du récepteur décentralisé prévu (Figure 13).

$$V_B = \frac{\dot{V} \cdot t}{\Delta p}$$

Insertion en tant que :

- Tampon pour un refoulement court et violent d'air comprimé
- Agrégat de débit en cas d'urgence

$V_B$  = Volume du réservoir d'air comprimé [m<sup>3</sup>]  
 $\dot{V}$  = Consommation d'air [m<sup>3</sup>/min]  
 $t$  = Durée de la consommation d'air [min]  
 $\Delta p$  = Chute de pression autorisée [bar]

**À noter :** ne remplace pas le compresseur sur une longue durée

Figure 13 : Dimensionnement d'un réservoir d'air comprimé décentralisé

La campagne Suisse air comprimé efficient motive et soutient les utilisateurs de systèmes à air comprimé en Suisse par la mise en œuvre de mesures pour l'amélioration de l'efficacité de la production d'air comprimé. La campagne est conduite par le Fraunhofer Institut System- und Innovationsforschung et est soutenue par l'Office fédéral de l'énergie (OFEN) et le Elektrizitätswerk Zurich (ewz). Elle est intégrée au programme SuisseEnergie. Les entreprises partenaires sont : Airtag, Atlas Copco, Donaldson, Dopag, Kaeser, Oetiker, Prematic, Servatechnik, Vektor.

Vous trouverez de plus amples informations à l'adresse suivante : [www.air-comprime.ch](http://www.air-comprime.ch)

Cette feuille d'informations a été réalisée dans le cadre de la campagne "Druckluft Effizient" qui a eu lieu entre 2001 et 2004 en Allemagne. Cette campagne a été menée par la *Deutsche Energie Agentur (dena)*, le *Fraunhofer Institut System- und Innovationsforschung* (Fraunhofer ISI, conduite générale du projet), le *Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA)* avec le soutien du *Bundesministerium für Wirtschaft (BMWi)* et des entreprises (<http://www.druckluft-effizient.de/kontakt/partner/industrie.php>).

© Druckluft effizient / Druckluft Schweiz, Fraunhofer ISI, Karlsruhe/Allemagne, Juin 2006



suisse énergie

air comprimé efficient – une campagne de SuisseEnergie  
[www.air-comprime.ch](http://www.air-comprime.ch)