

FONCTIONNEMENT D'UN COMPRESSEUR CENTRIFUGE

Un compresseur centrifuge est une machine destinée à créer une pression, dans laquelle l'énergie est transférée d'un impulseur (Turbine) en rotation à un gaz qui le traverse à débit continu. Le point important pour un turbocompresseur centrifuge est l'augmentation du niveau d'énergie du gaz traversant l'impulseur, qui est en partie liée au fait que le diamètre extérieur de l'impulseur est beaucoup plus important que le diamètre d'entrée.

Les compresseurs HV TURBO type KA xx S ou KA xx SV sont des compresseurs centrifuges, mais dont l'aérodynamique est améliorée par une régulation du débit par aubes «aval» (Type KA xx S) ou par aubes «aval» + aubes «amont» (Type KA xx SV).

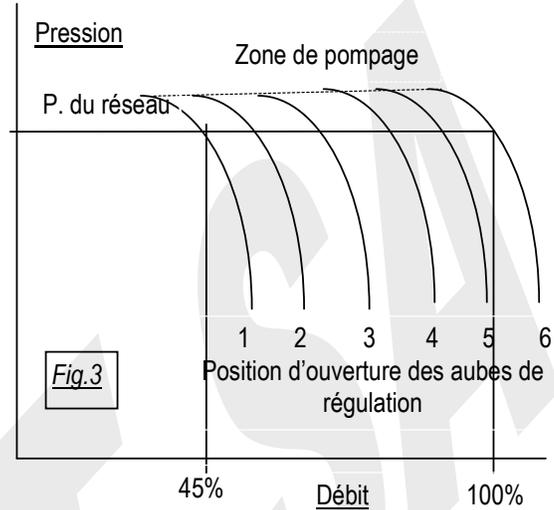
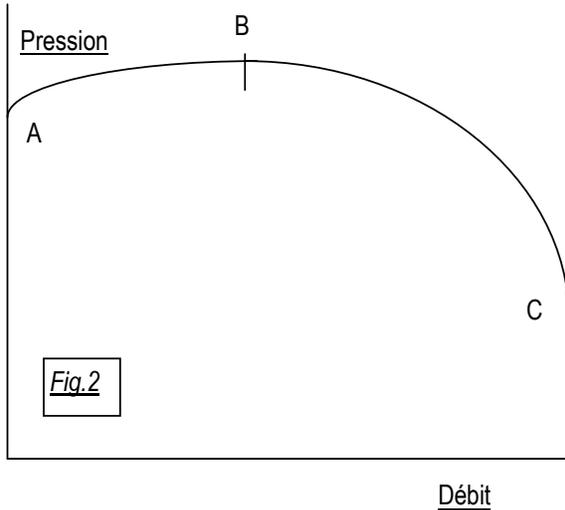
Dans un compresseur HV TURBO type KA, la compression est engendrée dans une cellule de compression qui comprend quatre éléments :

1. Le corps d'entrée, qui sert à accélérer le gaz à l'entrée dans l'impulseur. Il comprend un bulbe central (Technologie HV TURBO) autour duquel se forment les filets d'air avant qu'ils entrent dans l'impulseur. Dans cette partie, et **pour le type KA xx SV seulement**, sont en plus installées des aubes qui peuvent pivoter toutes en même temps d'un même angle sur leur axe, afin de créer une prérotation plus ou moins grande dans le sens de la direction de rotation de l'impulseur. Plus le gaz entre en tournant dans l'impulseur, moins grande est l'énergie que ce gaz emmagasinerait "au contact de l'impulseur" et moins grande sera la puissance à fournir. Moins grande aussi sera la pression potentielle obtenue par le compresseur.
2. L'impulseur, dans laquelle s'effectue le transfert d'énergie. Il en résulte une augmentation de l'énergie cinétique et de la pression du gaz.
3. Le diffuseur, qui est un système d'aubes orientables, assure deux fonctions.
Il transforme en pression la plus grande partie de l'énergie cinétique du gaz quittant l'impulseur. A cause de la possibilité d'ajustement de l'angle des aubes du diffuseur, il permet aussi de contrôler le débit du compresseur entre 45 et 100% (Pourcentage donné à pression constante). La vitesse de rotation de l'impulseur est donc **constante**.
4. Le carter extérieur, qui inclut un collecteur appelé volute, et qui achève le transfert de l'énergie cinétique en pression.

Nota : Contrairement à la plupart des compresseurs centrifuges existants qui régulent le débit par un système d'aubes «amont», la régulation du débit des compresseurs HV TURBO s'effectue uniquement par les aubes «aval». Les aubes «amont» utilisées sur le type KA xx SV, n'ont aucun effet sur le débit, mais seulement sur la position des courbes caractéristiques du compresseur par rapport à la pression réelle du réseau de refoulement.

COURBES CARACTERISTIQUES

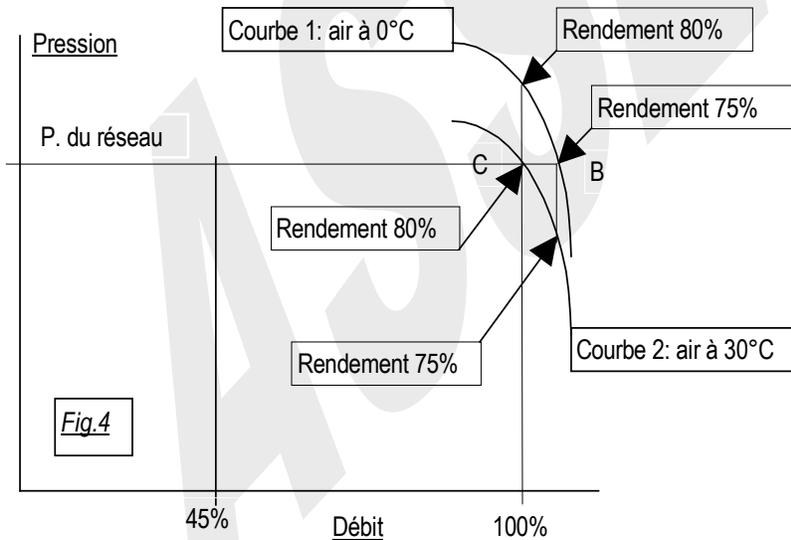
La fonction d'un compresseur est d'augmenter d'une certaine quantité la pression d'un gaz en utilisant le minimum d'énergie. Les caractéristiques d'un compresseur sont en général illustrées par les courbes "pression en fonction du débit" (Voir fig. 2). A noter les rendements décroissants vers la partie descendante de la courbe Pression/Débit. La portion AB de la courbe est le domaine instable, le point B est conventionnellement connu comme le point de pompage. En pratique, seule la partie BC est utilisée. Pour les compresseurs HV TURBO équipés d'un diffuseur variable (Aubes «aval»), les caractéristiques du compresseur peuvent être représentées par une multitude de courbes, chacune correspondant à une ouverture des aubes de régulation du diffuseur, par ex. 1....6 (Voir fig. 3).



HV TURBO : LES AUBES « AVAL » DE REGULATION DU DEBIT

La régulation du débit, pour ce qui concerne les compresseurs HV TURBO type KA xx S ou KA xx SV, s'effectue toujours par des aubes « aval ». Nous vous demandons de vous reporter au document "LE COMPRESSEUR HV TURBO A REGULATION DE DEBIT : UN COMPRESSEUR CENTRIFUGE VRAIMENT PAS COMME LES AUTRES". Cette étude à la fois technique et théorique, fait la comparaison entre la régulation HV TURBO par aubes avals et la régulation classique par aubes « amont » faite par les autres constructeurs de compresseurs centrifuges.

NOTE SUR LA TEMPERATURE DE L'AIR A L'ENTREE ET LA PRESSION POTENTIELLE GENEREE PAR UN COMPRESSEUR CENTRIFUGE



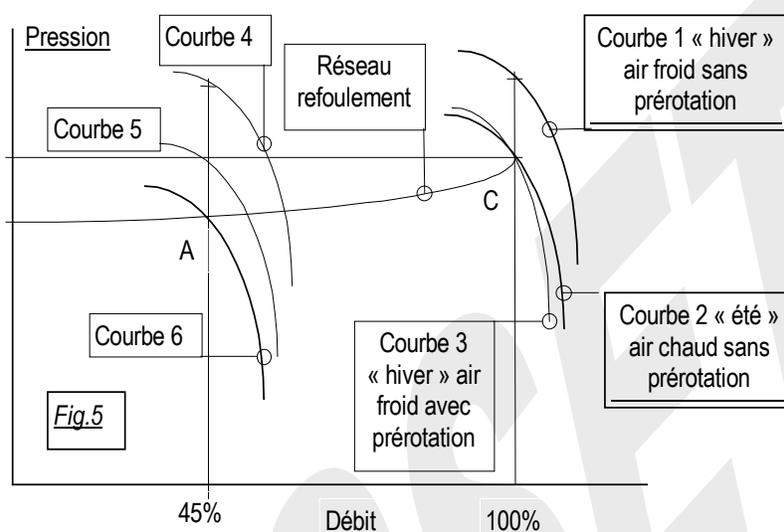
Dans le premier paragraphe, nous avons indiqué que la pression créée par un compresseur était fonction de l'énergie cinétique transmise par l'impulseur au gaz. Pour être complet, et puisque le compresseur HV TURBO est de type centrifuge (c'est à dire où le paramètre "constant" est la vitesse des "particules" de gaz le traversant, pour un positionnement donné des aubes « amont » de prérotation) l'énergie "emmagasinée" par les molécules de gaz est proportionnelle à leur poids spécifique. Cela signifie que la pression potentielle générée par un compresseur avec de l'air à 0° C (Poids spécifique 1,2928 kg/m³) sera supérieure à celle générée avec de l'air à 20° C (Poids

spécifique 1,2045 kg/m³ soit moins 8%). Il en résulte des courbes du compresseur à **différentes températures**, comme indiqué fig. 4.

En conséquence, pour une pression de réseau fixe à un débit défini (Données du Client - Point C fig. 4), la courbe 1 "hiver" pour une température d'air à l'entrée de 0° C, passe très au-dessus de la pression désirée et dans ce cas le point réel de fonctionnement va s'établir en B (Pression du réseau), ce qui signifie que le rendement baissera à 75% au lieu de 80% espéré. Avec la courbe 2 "été" pour une température d'air à + 30° C par exemple, le compresseur sera dans les conditions optimales de rendement.

Ce raisonnement s'applique à tous les compresseurs centrifuges (dont la "constante" est la vitesse d'éjection de la roue), qu'ils soient à régulation du débit par l'amont ou par l'aval. Cela signifie que le rendement optimal - pour une pression donnée - est obtenu à la température d'air annoncée la plus élevée, tandis qu'en "hiver", les rendements chuteront parce que le compresseur fonctionnera "plus bas" sur sa courbe caractéristique, c'est à dire à un point de rendement inférieur. Ceci est vrai en particulier pour les compresseurs HV TURBO type KA xx S, mais pas pour ceux du type KA xx SV.

COMPRESSEURS HV TURBO TYPE KA xx SV AVEC AUBES «AMONT» DE PREROTATION



Ainsi qu'il a été décrit plus haut, les compresseurs HV TURBO type KA xx SV sont équipés d'un système d'aubes «amont» qui créent une légère prerotation variable (et contrôlée) du gaz à l'entrée dans l'impulseur. Plus la prerotation est importante, moins d'énergie est transférée de l'impulseur vers le gaz, donc moins grande est la pression potentielle que le compresseur peut générer. Ce phénomène se traduit au niveau des courbes - et **pour une même température d'air à l'entrée** - par des courbes 1 "sans prerotation" et 3 "prerotation maximale" (Voir fig. 5) pour une même position des aubes de régulation aval : il s'agit donc pratiquement d'une translation vers le

bas de chacune des courbes caractéristiques du compresseur lorsque la prerotation augmente. Cela signifie donc, que le compresseur HV TURBO peut déplacer "ses" courbes dans des limites définies au moment de la commande de la machine et en fonction des **caractéristiques de réseau annoncées par le Client**.

En conséquence, en été, le compresseur KA xx SV fonctionnera suivant la courbe 2, tandis qu'en "hiver" et sans prerotation, suivant la courbe 1 (Donc comme un KA xx S). Grâce à une légère prerotation, en hiver il déplacera sa courbe de 1 vers 3. Le point de fonctionnement C correspondra donc de nouveau avec un rendement optimal.

En résumé, la définition de la construction du compresseur KA xx SV est réalisée comme suit : le compresseur est "calculé" pour fonctionner à une pression (donnée par le Client après qu'il ait défini les pertes de charge de son réseau) à un rendement maximum (Garantie par le fournisseur), en toutes circonstances (Avec de l'air d'été à 40° C ou d'hiver à moins 5° C). Il suffit pour cela de dimensionner le compresseur dans les conditions "aubes «amont» sans prerotation" avec l'air le plus chaud que le compresseur aura à aspirer (Point de fonctionnement à 80% - Courbe 2 fig. 5), d'évaluer la courbe **toujours sans prerotation** mais aux conditions d'hiver (Air le plus lourd correspondant à la température la plus basse possible - Courbe 1) et de définir la quantité de prerotation nécessaire pour faire passer "en hiver" la courbe 1 à la courbe en pointillé 3. De cette façon, même en hiver, le point de fonctionnement sera sur la courbe 3, donc avec un rendement égal aussi à 80%.

Afin d'obtenir le rendement optimal, les compresseurs sont prévus pour fonctionner à la partie haute de leurs courbes caractéristiques, où le rendement est le plus élevé. Une somme importante de données est collectée à chaque essai sur banc. Le compresseur est alors "testé" à l'intérieur d'une « matrice informatisée » de points d'essais. Les résultats sont analysés et peuvent être mis sous forme d'une formule, entrée dans l' automate de la machine afin de piloter les aubes « amont ».

Nota : La différence de puissance entre les types KA xx SV et KA xx S trouve son explication à l'observation des courbes "été" et "hiver" et les rendements qui leur sont attachés. Il y a peu de différence de puissance "été" entre KA xx S et KA xx SV. C'est en hiver que le re-positionnement des courbes du compresseur KA xx SV présente un intérêt très important.

COMMANDE DES AUBES «AMONT» DE PREROTATION

La capacité offerte par les aubes « amont » à déplacer les courbes caractéristiques du compresseur, a permis d'élargir leur utilisation. Les aubes «amont» permettent aussi d'optimiser le point de fonctionnement lorsque la pression différentielle est inférieure à celle prévue à l'origine ou lorsque les pertes de charge sont inférieure (à débit partiel per exemple). courbes sont commandées en fonction de la température de l'air d'entrée et de la pression différentielle. En effet, il suffit de faire le même raisonnement que précédemment en remplaçant le paramètre température de l'air par "la pression différentielle" pour comprendre l'intérêt des aubes «amont» lorsque la pression différentielle varie. Sur la fig.5, nous avons indiqué à 45% du débit, la courbe 4 (« hiver » sans prérotation), la courbe 5 (corrigée de la température de l'air) et la courbe 6 (corrigée de la température de l'air et de la pression différentielle) qui permet au compresseur de fonctionner au point A où le rendement reste maximal.

Le système de commande des aubes « amont » est intégré au compresseur : un capteur de température et un capteur de pression sont installés dans l'entrée et la volute du compresseur. Les valeurs mesurées sont exploitées dans un automate qui agit sur un servomoteur de commande des aubes «amont» suivant une formule liant les deux paramètres à l'angle des aubes de prérotation.

Aubes amont de pré-rotation



Aubes aval de régulation de débit (diffuseur)



Coupe compresseur

