

Dimensionnement d'une station NITROX

PUJOLLE SYLVAIN

17/05/2006

1 Principe

L'ensemble est décrit figure 1

La station est constituée d'un injecteur à débit massique constant qui débite dans le filtre d'entrée d'air du compresseur.

Cet injecteur est constitué d'un détendeur réglable (3) et d'un gicleur calibré (6).

Ce système permet très simplement de maintenir un débit massique très stable : le détendeur maintient une pression constante à l'entrée du gicleur, le gicleur donne un débit proportionnel à cette pression, donc également constant.

Il sera habile de choisir la section du gicleur afin qu'à la pression maximale du manodétendeur, le débit d' O_2 ne donne pas une richesse de mélange supérieure à 40%. Ainsi le système a une sécurité intrinsèque vis à vis de erreurs de manipulations. Les systèmes basés sur une vanne micrométrique n'ont en général pas cette sureté.

1.1 Réalisation

1.1.1 Mélangeur

La réalisation pratique peut se faire de différentes manières : dans l'installation des Glenans, nous avons choisi d'injecter l' O_2 au niveau du filtre d'entrée d'air de la canalisation d'aspiration, à l'extérieur du filtre papier mais dans le flux d'aspiration. Les turbulences engendrées par le filtre et la longueur de la canalisation (> 5 m) suffisent à assurer un bon mélange.

L'avantage que je trouve à cette méthode est que si on commet l'erreur de laisser l'injection en route alors que le compresseur est stoppé l' O_2 se perd à l'atmosphère et on ne crée pas une concentration dangereuse dans la canalisation d'entrée d'air du compresseur.

Une autre réalisation courante est d'injecter dans la canalisation elle même et d'assurer un bon mélange grace à des chicanes ou des hélices placée dans la canalisation.

1.1.2 Gicleur

Le gicleur est simplement intégré dans le mamelon de sortie du détendeur (Voir figure 2).

Un bout de vis en laiton est percé au diamètre convenable, puis vissé dans le marmelon du détendeur préalablement taraudé.

La réalisation est facile dans le cas d'un gros compresseur, mais plus délicate pour une petite machine : le diamètre du trou devant être irréalisable à la perceuse.

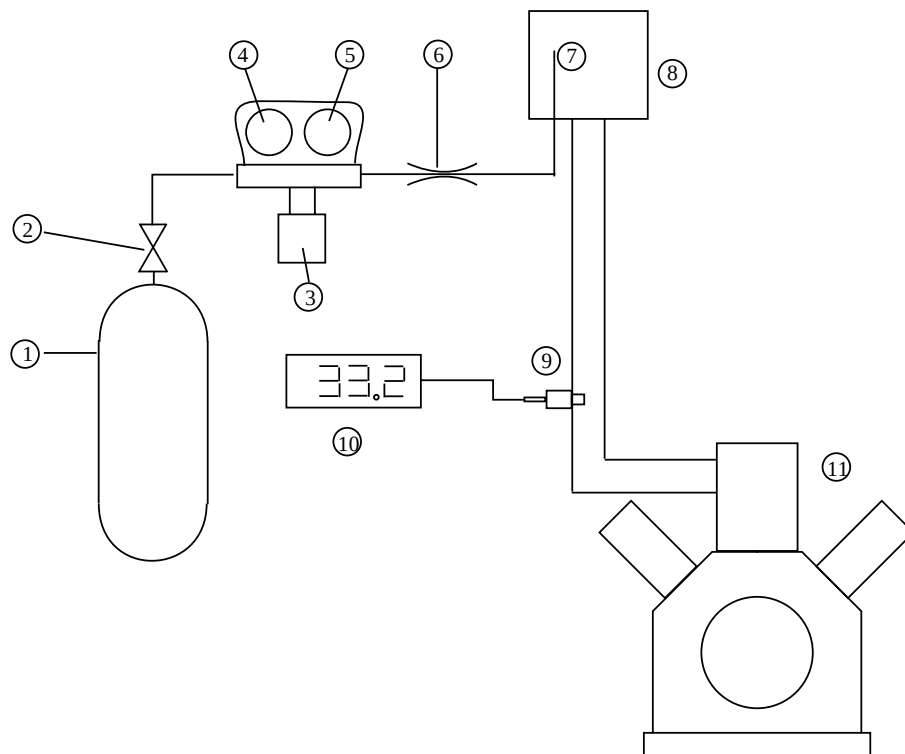
Dans ce cas on peut avoir recours à une astuce simple : il suffit de réduire le passage du gicleur en y insérant un fil de cuivre, un morceau de câble électrique, avec deux petites boucles aux extrémités pour assurer qu'il reste en place.

On peut aussi avoir recours à des gicleurs de gaz de cuisinières.

L' O_2 pur est injecté au niveau du filtre d'entrée d'air (8) du compresseur par une "canne" (7) constituée par un simple tube de cuivre, pincé en extrémité et comportant des perforations.

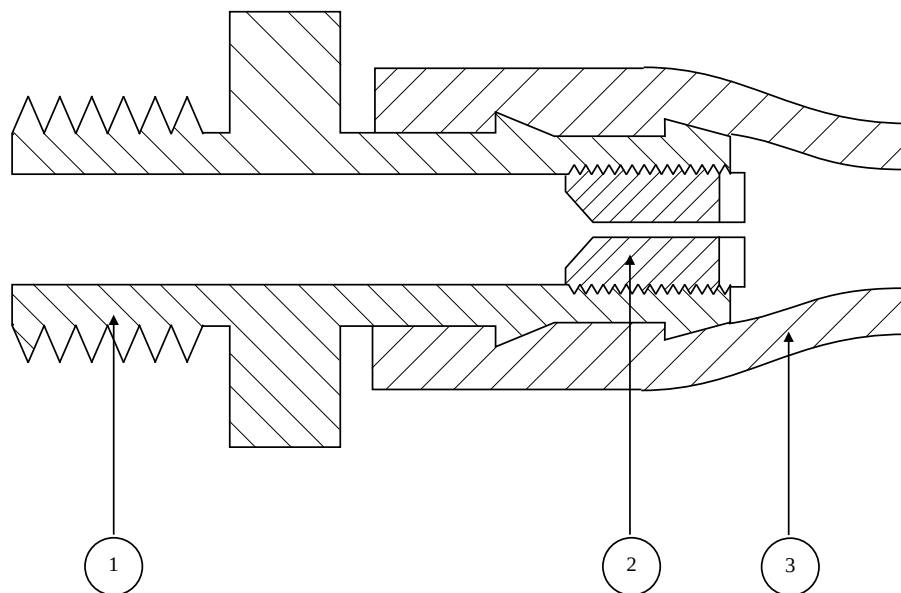
Le compresseur comportait en son entrée deux filtres à bain d'huile qui devraient être remplis d'Aquila S100. Dans le cas de la station NITROX ces deux filtres ont été vidangés de leur huile.

Une sonde électrique d' O_2 (9) mesure en continu le taux d' O_2 dans la tubulure d'injection. Cette mesure, est utilisée pour ajuster la pression en aval de l'injecteur, donc le réglage du débit. Un rallonge constituée d'un simple paire torsadée permet de placer l'oxymètre (10) au niveau de la B50 d' O_2



1. B50 d' O_2 pur,
2. Vanne de sortie de la B50
3. Manodétendeur réglable
4. Manomètre de pression de la B50
5. Manomètre de pression de sortie du détendeur
6. Gicleur de limitation de débit
7. Canne d'injection
8. Filtre d'entrée d'air du compresseur
9. Sonde de taux d' O_2
10. Indicateur de taux d' O_2
11. Compresseur HP

FIG. 1 – Schema général de l'installation



1. Mamelon de sortie du détendeur
2. Gicleur calibré
3. Flexible O_2 basse pression

Le gicleur est collé pour éviter son desserrage et éviter une fuite par le filetage. Il peut être nécessaire de chauffer à 150, 200°C avant de tenter de le démonter.

Le gicleur à un diamètre de 1,5 mm donnant une section de $1,76 \text{ mm}^2$ adapté pour limiter le débit à $13 \text{ m}^3/\text{heure}$ sous 10 bar. Ceci limite à 36% d' O_2 sur un compresseur de $66 \text{ m}^3/\text{heure}$

FIG. 2 – Détail du gicleur

2 Calcul de dimensionnement

2.1 Calcul du débit

Les formules employées ne seront pas justifiées ici, les curieux et les pervers trouveront les démonstrations correspondantes dans un autre document.

Le débit d' O_2 à injecter en fonction du débit du compresseur et du taux d' O_2 désiré dans le nitrox se calcule par :

$$DV_{O_2}(pur) = DV \cdot \frac{(R_{O_2} - 0,2)}{0,8}$$

- DV est le débit aspiré par le compresseur
- $DV_{O_2}(pur)$ est le débit d'oxygène pur introduit
- R_{O_2} la richesse du mélange en oxygène à obtenir

2.2 Calcul du gicleur

Le débit volumique d'un gicleur est donné par la formule :

$$D_v(m^3/h) = 0,74 \cdot s \cdot P_0$$

avec :

- D_v : débit volumique en m^3/h
- s : section du gicleur en mm^2
- P_0 : pression en amont du gicleur en bar

Application numérique :

2.3 Exemple numérique

Je dispose d'un assez gros compresseur :

- Compresseur de $66 m^3/heure$,
- je désire un taux d' O_2 limite 36%
- la pression de sortie max de mon détendeur est de 10 bar

Calcul du débit d' O_2 :

$$DV_{O_2}(pur) = 66 \cdot \frac{(0,36 - 0,2)}{0,8} = 13,2 m^3/heure$$

Calcul de la section du gicleur :

$$\begin{aligned} P_0 &= 10 \text{ bar} \\ s &= \frac{D_v}{0,74 \cdot P_0} \\ s &= \frac{13,2}{0,74 \cdot 10} = 1,78 mm^2 \end{aligned}$$

Ce qui donne un diamètre de 1,51 mm.